

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона	Доц. каф. ЕБ та ОП		
праці	К.т.н. Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання _____ 8 квітня 2020 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування	08.04.2020 р	
2	Розрахунок навантаження ковальського цеху	20.04.2020р	
3	Компенсація реактивної потужності	25.04.2020р	
4	Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху	30.04.2020р	
5	Розрахунок струмів короткого замикання та Вибір електричних апаратів	05.05.2020р	
6	Якість електричної енергії	10.05.2020р	
7	Електричне освітлення	15.05.2020р	
8	Спецпитання	20.05.2020р	
9	Охорона праці	22.05.2020р	
10	Оформлення пояснювальної записки	24.05.2020р	
11	Оформлення графічної частини проекту	30.05.2020р	
12	Подання готової роботи для перевірки на плагіат	3.06.2020	

Здобувач

_____ (підпис)

Литвин В.С.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Мартинюк О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Литвин В.С. Розробка системи електропостачання ковальського цеху заводу транспортних трансмісій з аналізом використання геотермальних джерел

Дипломний проект на здобуття ступеня бакалавра за напрямом 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. Національний університет харчових технологій, Київ, 2020. Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновку та списку використаної літератури. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 71 стор.

Метою роботи є проектування загальної схеми електропостачання, розрахунок електричних навантажень цехових електроприймачів, вибір елементів та розрахунок цехової мережі, розрахунок освітлювальної мережі ковальського цеху заводу транспортних трансмісій, аналіз впливу використання геотермальних джерел

У дипломному проекті розроблено: загальна схема ковальського цеху заводу транспортних трансмісій, схема ковальського цеху заводу транспортних трансмісій, схема освітлювальної мережі ковальського цеху заводу транспортних трансмісій. Проаналізовано використання геотермальних джерел

ГЕОТЕРМАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА; ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ; НАПРУГА;
СТРУМ

Annotation

Litvin V.S. Development of the power supply system of the blacksmith shop of the transport transmission plant with the analysis of the use of geothermal sources

Diploma project for a bachelor's degree in 141 "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". National University of Food Technologies, Kyiv, 2020. The explanatory note consists of an introduction, eight chapters, a conclusion and a list of references. The total volume of the explanatory note is 71 pages.

The purpose of the work is to design the general scheme of power supply, calculation of electrical loads of shop electrical receivers, selection of elements and calculation of shop network, calculation of lighting network of blacksmith shop of transport transmission plant, analysis of impact of geothermal sources

In the diploma project the following is developed: the general scheme blacksmith shop of the plant of transport transmissions, the scheme of the blacksmith shop of the plant of transport transmissions, the scheme of the lighting network of the blacksmith shop of the plant of transport transmissions. The use of geothermal sources is analyzed

GEOHERMAL SOURCES; POWER SUPPLY; HIGH-VOLTAGE;
CURRENT

Аннотация

Литвин В.С. Разработка системы электроснабжения кузнечного цеха завода транспортных трансмиссий с анализом использования геотермальных источников

Дипломный проект на соискание степени бакалавра по направлению 141 "Электроэнергетика, электротехника и электромеханика". Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2020. Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка использованной литературы. Общий объем пояснительной записки составляет 71 стр.

Целью работы является проектирование общей схемы электроснабжения, расчет электрических нагрузок цеховых электроприемников, выбор элементов и расчет цеховой сети, расчет осветительной сети кузнечного цеха завода транспортных трансмиссий, анализ влияния использования геотермальных источников

В дипломном проекте разработаны: общая кузнечного цеха завода транспортных трансмиссий, схема кузнечного цеха завода транспортных трансмиссий, схема осветительной сети кузнечного цеха завода транспортных трансмиссий. Проанализировано использование геотермальных источников

ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ; ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ;
НАПРЯЖЕНИЕ; ТОК

Зміст

Вступ.....	8
Завдання.....	9
1.Розрахунок навантаження ковальського цеху.....	12
2.Компенсація реактивної потужності.....	16
3.Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху.....	20
3.1.Вибір типу та розміщення цехової підстанції.....	21
3.2.Вибір кількості й потужності трансформаторів.....	22
3.3.Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв.....	24
3.4.Вибір трас та способів прокладання трас	25
3.5.Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній і шинопроводів.....	28
4.Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів.....	31
4.1.Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній розподільчій мережі.....	32
4.2.Вибір комутаційної апаратури на напругу 0,38 кВ.....	41
4.3.Вибір електричних апаратів РП – 6 кВ.....	44

4.4.Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку.....	46
5.Якість електричної енергії.....	50
6.Електричне освітлення.....	52
7.Спеціальна частина.....	58
8.Охорона праці.....	66
Список використаної літератури.....	75

Вступ

Системою електропостачання називають сукупність взаємопов'язаних електроустановок, призначених для забезпечення споживачів електричною енергією. Споживачі – підприємства, організації, територіально відокремлені цехи, будівельні майданчики, квартири, у яких приймачі електроенергії приєднані і використовують електроенергію. За правилами улаштування електроустановок споживачем електроенергії називається електроприймач або їх група, об'єднані технологічним процесом і розміщуються на певній території.

Приймачем електроенергії називають пристрій, в якому відбувається трансформація електричної енергії в інший вид енергії для її подальшого використання. За технологічним призначенням приймачі класифікують по виду енергії, в який даний електроприймач перетворює електроенергію, а саме: електротермічні, електродвигуни приводів машин і механізмів, установки освітлення, електрохімічні і електросилові установки, установки електростатичного та електромагнітного поля.

Завдання

Розробка системи електропостачання ковальського цеху заводу транспортних трансмісій з аналізом використання геотермальних джерел.

Номер на генплані	Назва електроприймача	Кількість n , шт	Встановлена потужність , кВт	Коефіцієнт використання , K_B	$\cos\varphi/tg\varphi$
1-2	Токарно – гвинторізний станок	2	16	0,17	$0.6/1,33$
3-5	Токарно-чотирьохшпindelний напівавтомат	3	20	0,22	$0.6/1,33$
6,7	Різьборізний станок	2	2	0,17	$0.6/1,33$
8,9	Радіально – свердильний станок	2	3	0,17	$0.6/1,33$
10,11	Довбальний станок	2	13	0,17	$0.6/1,33$
12,13,41	Гідропрес на 25т	3	25	0,22	$0.6/1,33$
14-18	Притиральний станок	5	28	0,17	$0.6/1,33$
21,22,40	Заточувальний станок	3	30	0,17	$0.6/1,33$
19,20	Універсально-заточувальний станок	2	20	0,17	$0.6/1,33$
23	Шліфувальний станок	1	28	0,17	$0.6/1,33$
24,25	Прес	2	10	0,22	$0.6/1,33$
26,29	Вентилятор калорифера	2	4	0,65	$0.8/0,75$
27,28	Вентилятор витяжний	2	75	0,65	$0.8/0,75$
30-33	Насос гідравлічний	4	40	0,65	$0.8/0,75$
34,35	Координатно-розточувальний станок	2	15	0,17	$0.6/1,33$
36,37	Поперечно-стругальний станок	2	16	0,17	$0.6/1,33$
38	Кран мостовий ПВ=40%	1	20	0,2	$0.5/1,73$
39	Конвеєр	1	7	0,5	$0.75/0,88$

Табл.1

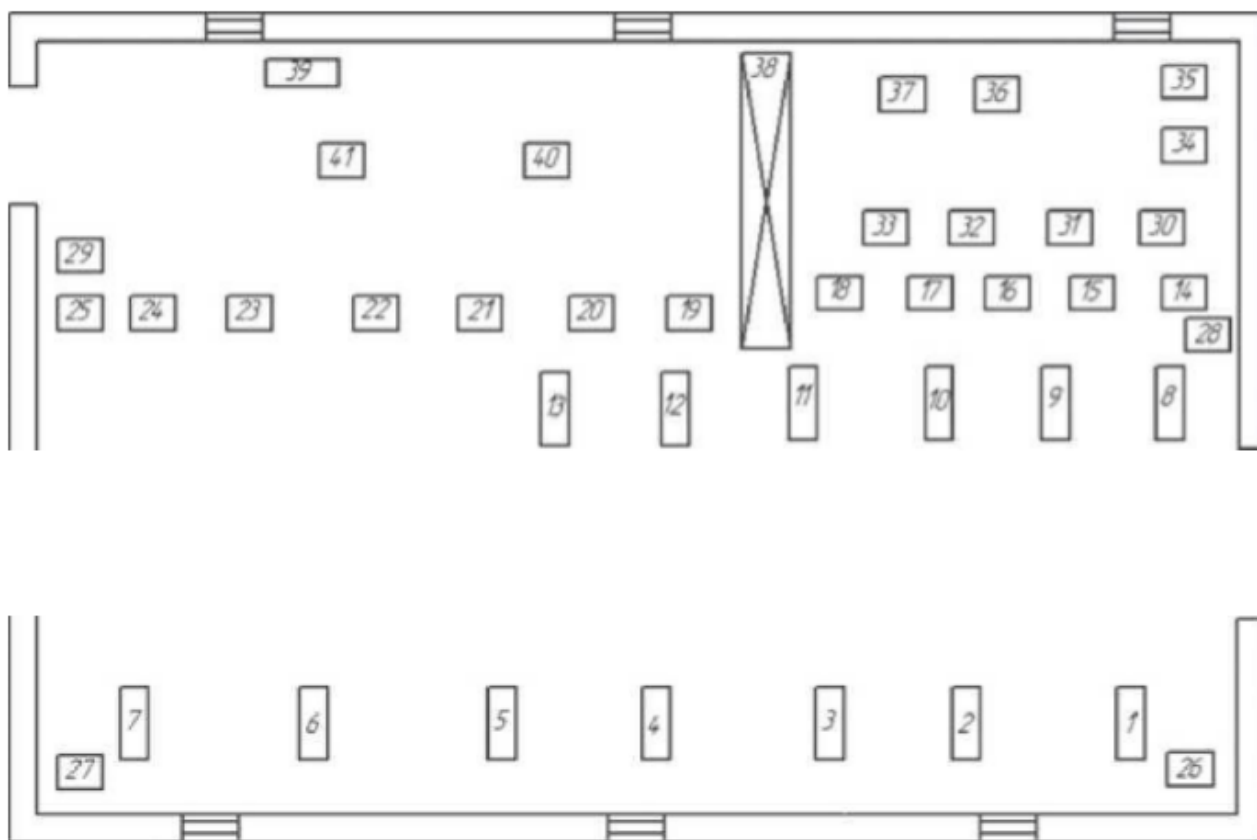


Рис.1 Генплан ковальського цеху

t, год	$\frac{Q_t}{Q_H} * 100, \%$
0 - 3	100
3 - 6	90
6 - 9	80
9 - 12	70
12 - 15	60
15 - 18	50
18 - 21	40
21 - 24	30
$\cos\varphi_H$	0,94

Табл.2 Додаток Б

Матеріал проводу живлення електроприймачів 380 В	Cu
Категорійність електроспоживачів	1

Табл.3 Додаток В

Номінальна потужність	630
Тип електродвигуна	СД
Кількість електродвигунів	2
Номінальна напруга	6
Коефіцієнт завантаження	0,7
Віддаль до РП ВН ,м	400

Табл.4 Додаток Г

$$T_{нб} = 2\,500 \text{ год.}$$

$I_{кз}^{ВН} = 10 \text{ кА}$ – струм КЗ на стороні ВН.

Розміри цеху:

висота – $h = 5,5 \text{ м}$;

довжина – $a = 53 \text{ м}$;

ширина – $b = 34 \text{ м}$.

1. Розрахунок навантаження ковальського цеху

В цеху розташовано 41 електроприймач, якому необхідно забезпечити якісне і безперебійне електропостачання. Після аналізу списку електроприймачів, робимо висновок – електроприймачів з постійним графіком навантаження в ковальському цеху немає. Тому, розрахунок будемо проводити для всіх електроприймачів, вважаючи що вони працюють за змінним графіком.

Щоб не робити розрахунки громіздкими, виконуватимемо розрахунок для одного електроприймача, як приклад, а інші просто підсумовуватимемо.

Номінальна потужність токарно – гвинторізного станка:

$$P_{\text{НОМІН.ТГС.}} = n * P_{\text{ВСТ.ТГС.}} = 2 * 16 = 32 \text{ кВт.}$$

Сумарна номінальна потужність:

$$P_{\text{НОМІН.}} = \sum P_{\text{НОМІН.і.}} = 898 \text{ кВт.}$$

Середня $P_{\text{СМ.ТГС.}}$ токарно – гвинторізного станка:

$$P_{\text{СМ.ТГС.}} = K_{\text{В.ТГС.}} * P_{\text{НОМІН.ТГС.}} = 0,17 * 32 = 5,44 \text{ кВт.}$$

Сумарна середня активна потужність:

$$P_{\text{СМ.}} = \sum P_{\text{СМ.}} = 311 \text{ кВт.}$$

Середня $Q_{\text{СМ.ТГС.}}$ токарно – гвинторізного станка:

$$Q_{\text{СМ.ТГС.}} = P_{\text{СМ.ТГС.}} * \text{tg}\varphi_{\text{ТГС.}} = 1,33 * 5,44 = 7,24 \text{ квар.}$$

Сумарна середня реактивна потужність:

$$Q_{\text{см.}} = \sum Q_{\text{см.}i} = 300,3 \text{ квар.}$$

Коефіцієнт використання ковальського цеху:

$$K_B = \frac{P_{\text{см.}}}{P_{\text{номін.}}} = \frac{311}{898} = 0.346.$$

Ефективна кількість електроприймачів ковальського цеху:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{\text{номін.}})^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{номін.}}^2 * n} = \frac{898^2}{5684,02} = 26,93.$$

Коефіцієнт максимуму:

$$K_M = f(n_e, K_B)$$

n_e/K_B	0.3	0.4
25	1,28	1,21
30	1,24	1,19

Табл.5

Коефіцієнт максимуму після інтерполювання:

$$K_M = 1,236.$$

Розрахункова активна потужність:

$$P_{\text{розр.}} = K_M * P_{\text{см.}} = 1,236 * 311 = 384,4 \text{ кВт.}$$

Розрахункова реактивна потужність:

$$n_e > 10,$$

$$Q_{\text{розр.}} = Q_{\text{см.}} = 300,3 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність силової частини ковальського цеху:

$$S_{\text{розр.}} = \sqrt{P_{\text{розр.}}^2 + Q_{\text{розр.}}^2} = \sqrt{384,4^2 + 300,3^2} = 487,8 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Розрахунковий струм:

$$I_{\text{розр.}} = \frac{S_{\text{розр.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{487,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 704,1 \text{ А}.$$

Розрахунок пікового струму для ковальського цеху.

Найпотужніший двигун ковальського цеху:

вентилятор витяжний з потужністю 75 кВт.

Знайдемо його номінальний і піковий струми.

Номінальний струм вентилятора витяжного:

$$I_{\text{ном}}^{\text{в.в.}} = \frac{P_{\text{ном}}^{\text{в.в.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}} \cdot \cos_{\text{в.в.}} \cdot \eta_{\text{в.в.}}} = \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 0,75} = 240,6 \text{ А}.$$

Пусковий струм витяжного вентилятора:

$$i_{\text{пуск}}^{\text{в.в.}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{в.в.}} = 5 \cdot 240,6 = 1\,203 \text{ А},$$

де $K_{\text{пуск}}$ – кратність пускового струму АД (асинхронного двигуна з ротором, типу біляча клітка).

Піковий струм:

$$\begin{aligned} I_{\text{пik.}} &= i_{\text{пуск}}^{\text{в.в.}} + (I_{\text{розр.}} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{в.в.}}) = 1\,203 + (704,1 - 0,65 \cdot 240,6) \\ &= 1\,750,7 \text{ А}. \end{aligned}$$

Освітлювальна частина навантаження ковальського цеху.

Питома потужність, згідно з довідникових даних, для виробничих приміщень:

$$P_{\text{пит}} = 10 \dots 15 \text{ Вт/м}^2.$$

Площа ковальського цеху:

$$S = a * b = 53 * 34 = 1802 \text{ м}^2.$$

Активна потужність освітлення ковальського цеху:

$$P_{\text{освіт.}} = P_{\text{пит.}} * S = 10 * 1802 = 18 \text{ кВт.}$$

Реактивна потужність освітлення ковальського цеху:

$$Q_{\text{освіт.}} = P_{\text{освіт.}} * \text{tg}\varphi = 18 * 0.284 = 5,11 \text{ квар ,}$$

де, $\cos\varphi = 0.97$ – для світлодіодів , $\text{tg}\varphi = \arccos(0.96) = 0.284$.

Повна потужність освітлення ковальського цеху:

$$S_{\text{освіт.}} = \sqrt{P_{\text{освіт.}}^2 + Q_{\text{освіт.}}^2} = \sqrt{18^2 + 5,11^2} = 18,71 \text{ кВ * А .}$$

Струм освітлення ковальського цеху:

$$I_{\text{освіт.}} = \frac{S_{\text{освіт.}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{18,71}{\sqrt{3} * 0.4} = 27 \text{ А.}$$

Загальна потужність ковальського цеху заводу транспортних трансмісій:

$$S_{\text{цеху}} = S_{\text{розр.}} + S_{\text{освіт.}} = 487,8 + 18,71 = 506,5 \text{ кВ * А.}$$

Повний розрахунковий струм ковальського цеху:

$$I_{\text{порз.}} = \frac{S_{\text{розр.}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{506,5}{\sqrt{3} * 0.4} = 731,1 \text{ А.}$$

Тип навантаження	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВ*А}$	$I_p, \text{А}$
Силове	384,4	300,3	487,8	704,1

Освітлювальне	18	5,11	18,71	27
Цех	402,4	305,41	506,5	731,1

2. Компенсація реактивної потужності

Розглядаючи питання енергозбереження, слід враховувати, що економія енергії є важливим, хоч і не єдиним чинником, що визначає високий технікоекономічний рівень розвитку електромеханічних систем. Важливе значення має безпека роботи обслуговуючого персоналу та надійність окремих елементів і електроустановки в цілому. Цим визначається продуктивність установки, витрати на її ремонт та експлуатацію.

Згідно ПУЕ значення $\cos \varphi$ повинно складати не нижче 0,92 – 0,95. Всі елементи електричної мережі вибираються за номінальним струмом, величина якого обернено пропорційна коефіцієнту потужності. Втрати електроенергії обернено пропорційні квадрату коефіцієнта потужності. Основними методами підвищення $\cos \varphi$ є:

- підвищення коефіцієнту навантаження;
- заміна не завантажених двигунів двигунами меншої потужності;
- зниження напруги при недовантаженні двигунів;
- покращення якості ремонту;
- ліквідація холостих ходів;
- компенсація реактивної потужності;

- заміна потужних асинхронних двигунів на синхронні;
- необхідно слідкувати за навантаженням силових трансформаторів, яке повинно бути в межах 0,65 – 0,75.

Компенсувати в ковальському цеху реактивну потужність будемо завдяки конденсаторним установкам з автоматичним регулювання ступеней потужності.

Вибір проведемо за наступною формулою:

$$Q_{\text{КУ}} \geq Q_{\text{розр.}}$$

$$Q_{\text{розр.}} = 305,41 \text{ квар.}$$

Обираємо КУ типу УКМ58 – 0,4 – 325 – 25 У1.

Перевірка за умовою:

$$Q_{\text{КУ}} \geq Q_{\text{розр}}$$

$$Q_{\text{КУ}} = 325 \text{ квар} = Q_{\text{р}} = 305,41 \text{ квар.}$$

Обрана КУ нас повністю влаштовує, так як при максимальному завантаженні мережі реактивною потужністю, КУ повністю її компенсує.

Для захисту КУ оберемо АВ:

$$I_{\text{КУ}} = 468 \text{ А,}$$

$$I_{\text{розч.АВ.}} = 500 \text{ А} > I_{\text{КУ}} = 468 \text{ А;}$$

$$I_{\text{АВ}} = 630 \text{ А} = I_{\text{розч.АВ.}} = 500 \text{ А;}$$

обираю для захисту ВА57 – 39.

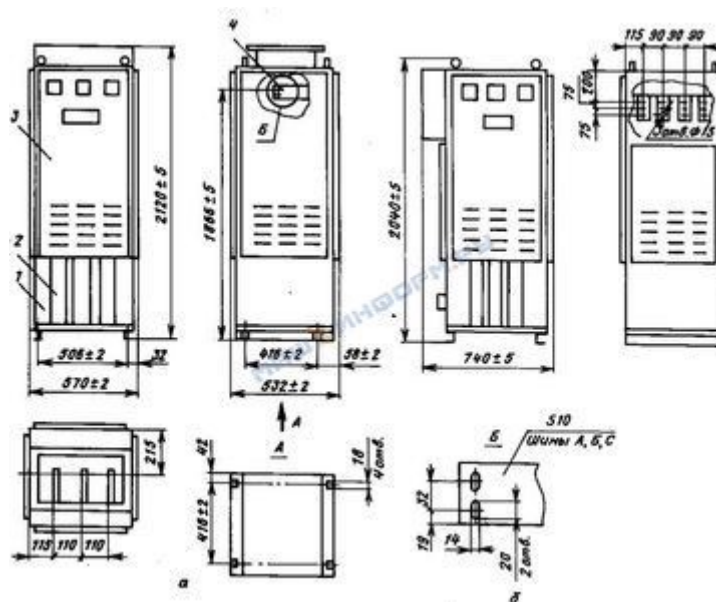


Рис.2 Габаритні, приєднувальні і розміри

В процесі роботи УКМ під управлінням спеціального мікропроцесорного регулятора реактивної потужності поліпшується $\cos \phi$ електромережі, шляхом відстеження в реальному часі значень коефіцієнта потужності і корекції його за рахунок підключення або відключення необхідного числа батарей конденсаторів. В УКМ використовуються спеціальні контактори з додатковими контактами випереджаючого включення через струмообмежуючі резистори. Як пристрій захисту від короткого замикання використовуються плавкі запобіжники.

Регульовані конденсаторні установки напругою 0,4 кВ типу УКМ випускаються потужністю від 5 до 600 кВАр при максимальній кількості ступенів.

Конденсатори оснащені розрядними реисторами, запобіжником – переривачем, що спрацьовує при надлишковому тиску.

Виконаємо побудову добового графіка реактивної потужності ковальського цеху за нижченаведеною таблицею:

t, ГОД	$\frac{Q_t}{Q_H} * 100, \%$	U_t, B
0 - 3	100	305,41
3 - 6	90	274,9
6 - 9	80	244,3
9 - 12	70	213,8
12 - 15	60	183,2
15 - 18	50	152,7
18 - 21	40	122,2
21 - 24	30	91,6

Табл.7



Рис.3

3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху

Раціонально виконана сучасна система енергоспоживання повинна задовольняти технічним і економічним вимогам, а саме:

- забезпечення безпеки робіт як для електротехнічного персоналу, так й у повному електротехнічного;
- надійність електропостачання;
- якість електроенергії, що задовольняє вимогам ГОСТ 13109-97;
- економічність;
- можливість частих перебудов технології виробництва і розвитку підприємства.

Ці вимоги забезпечуються при проєктуванні і експлуатації систем енергоспоживання.

Тому, при виборі схеми внутрішнього електропостачання ковальського цеху ми будемо відштовхуватися від вимог до електропостачання і від територіальної розташованості електроприймачів і відповідно їх потужностей.

3.1. Вибір типу та розміщення цехової підстанції

Однотрансформаторні цехові ТП застосовуються при ЕП, що допускають перерву в електропостачанні на час доставки «складського» резерву, або при резервуванні, що здійснюється перемичками обмоток вторинної напруги.

Двотрансформаторні цехові ТП застосовуються при живленні споживачів 1 і 2 категорій, а також при наявності нерівномірного добового або річного графіків навантажень.

Цехові ТП з числом трансформаторів більше двох застосовуються при обґрунтуванні необхідності їх застосування, а також у випадках встановлення роздільних трансформаторів для живлення силових і освітлювальних навантажень.

Відштовхуючи від того, що в цеху є місце для встановлення ЦТП, то оберемо до встановлення КТП що буде розташовуватися всередині цеху (внутрішньоцехова ТП).

3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів

Категорія надійності електроспоживачів – 1, а це означає, що в цехову КТП буде встановлюватися 2 трансформатора.

Врахуємо компенсацію $Q_{\text{розр.}}$.

$$S_{\text{розр}} \approx P_{\text{розр}} = 402,4 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Бажана потужність трансформатора:

$$S_{\text{бжн.}} = \frac{S_{\text{розр.}}}{\beta_{\text{T}}} = \frac{402,4}{0,75} = 536,63 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

$\beta_{\text{T}} = 0.75$ для I - ої категорії.

Обираємо трансформатори ТМ – 630/6.

Коефіцієнт завантаження при двох працюючих трансформаторах:

$$\beta_{\text{факт.}} = \frac{S_{\text{розр.}}}{n * S_{\text{тр}}} = \frac{402,4}{2 * 630} = 0,32.$$

Коефіцієнт завантаження при одному працюючому трансформаторі:

$$\beta_{\text{факт.}} = \frac{S_{\text{розр.}}}{n * S_{\text{тр}}} = \frac{402,4}{1 * 630} = 0,64.$$

В випадку, якщо станеться вихід з ладу одного трансформатору, других зможе нести все навантаження цеху, з його завантаженням на 64%.

Технічні дані ТМ – 250 / 6 .

Тип	$S_{\text{тр.}}$, кВ*А	$U_{\text{тр.}}$, кВ		Втрати , кВт		$U_{\text{к.}}$, %	$I_{\text{х.}}$, %
		ВН	НН	$P_{\text{х}}$	$P_{\text{к}}$		
ТМ –630/6	630	6	0.4	1,56	7,6	5,5	2

Табл.9

Втрати холостого ходу для реактивної потужності:

$$\Delta Q_x = S_{\text{тр.}} * \frac{I_x}{100} = 630 * \frac{2}{100} = 12,6 \text{ квар};$$

Втрати короткого замикання для реактивної потужності:

$$\Delta Q_k = S_{\text{тр.}} * \frac{U_k}{100} = 630 * \frac{5,5}{100} = 34,65 \text{ квар.}$$

Ті самі втрати для активної потужності:

$$\Delta P_x' = \Delta P_x + k_e * \Delta Q_x = 1,56 + 0.05 * 12,6 = 2,19 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_k' = \Delta P_k + k_e * \Delta Q_k = 7,6 + 0.05 * 34,65 = 9,33 \text{ кВт.}$$

3.3. Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв

Як розподільчі пристрої в цеху використаємо шинопроводи магістральні і розподільчі типу KLM-R з мідними шинами.

Шинопроводи будемо підвішувати на висоті 5 метрів від підлоги, щоб в подальшому вони не заважали розміщення освітлення.

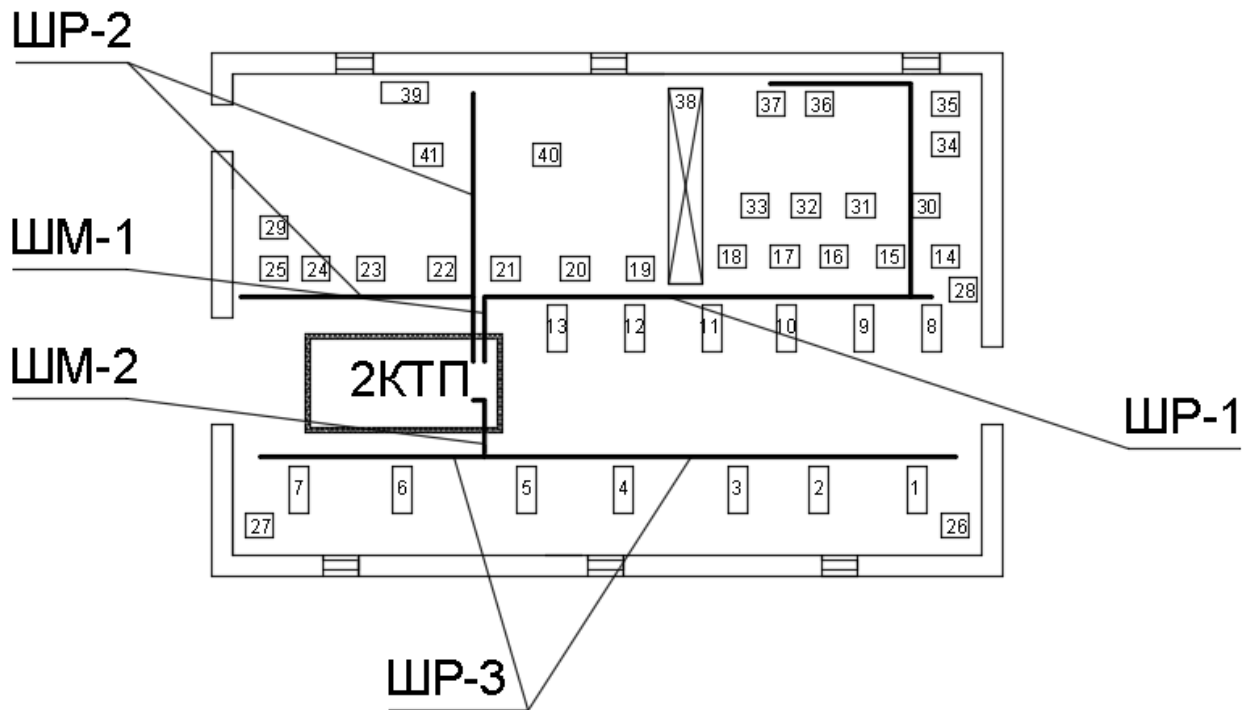


Рис.4 Схема розміщення внутрішньоцехової ТП
і СП в цеху

3.4. Вибір трас та способів прокладання трас

Як траси, до електроприймачів будемо використовувати шинопроводи і кабельні лінії. Шинопроводи будуть прокладені до електроприймача і кабельним приєднанням живитимуть цих же електроприймачів. Кабелі будуть під'єднані до шинопроводу через розподільчу коробку, в якій знаходитиметься захисний комутаційних апарат (автоматичний вимикач). Якщо шинопровід проходить прямо надо електроприймачем, то застосування прокладки в трубах не використовуватиметься, якщо ж електроприймач буде розташовуватися на певній підстані – використовуватиметься прокладка в трубах (тобто від шинопровода, кабель опускається перпендикулярно в підлогу і проходить в ній по трубі до електроприймача).

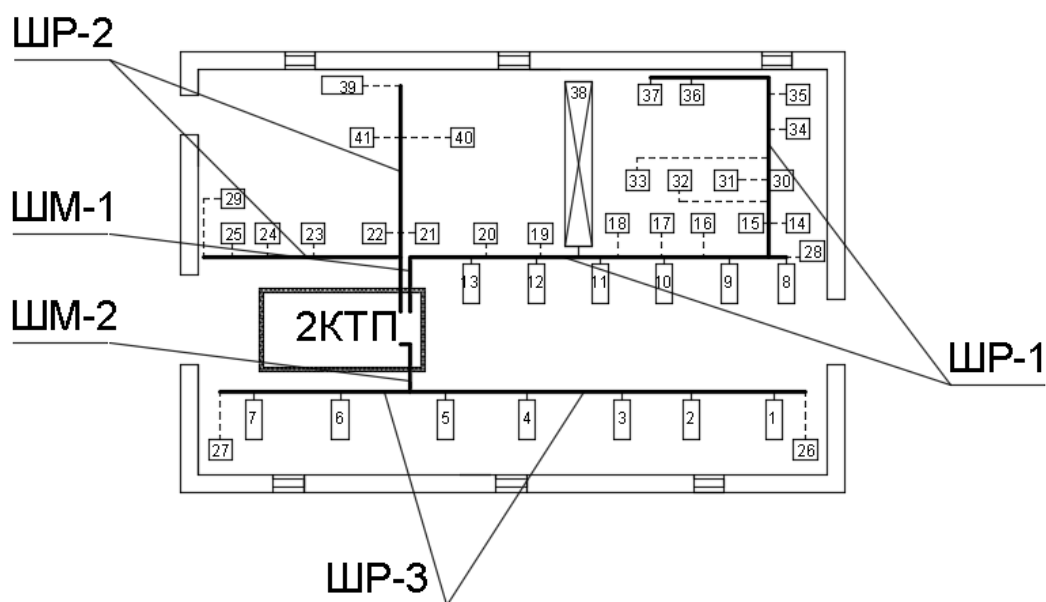


Рис.5 Схема прокладання трас

Шинопроводи ШР (розподільчого типу) мають відгалуження на інші напрями. В цих відгалуженнях використовується глухе приєднання (без комутаційного апарата, і переріз змінюється в залежності від номінального струму споживачів, які підключені до даної ділянки шинопроводу).

За номінальною потужністю підберемо необхідний струмовий розчіплювач в розподільчу коробку, щоб надалі мати змогу обрати переріз кабеля.

Початок траси	Кінцева точка	Спосіб прокладки	Довжина траси,м	$I_{ном.АВ} / I_{розч}, А$	Тип кабельної прокладки
ШР-1 KLM-R	8	кабельний опуск / кабель в трубі	5,5	63/10	кабельний опуск
	9		5,5	63/10	
	10		5,5	63/40	
	11		5,5	63/40	
	12		5,5	100/80	
	13		5,5	100/80	
	14		6,5	100/100	
	15		6	100/100	
	16		7	100/100	
	17		7	100/100	
	18		7	100/100	
	19		7	63/63	кабель в трубі
	20		7	63/63	
	30		5	100/100	кабельний опуск
	31		7,5	100/100	
	32		9	100/100	
	33		12	100/100	
	34		6,6	63/50	
	35		6,5	63/50	
	36		6	63/50	
37	6	63/50			
38	5	100/80			
28	6,5	250/200			

ШП-2 KLM-R	21	кабельний опуск / кабель в трубі	7	100/100	кабельний опуск	
	22		7	100/100		
	23		7	100/100		
	24		7	63/32		
	25			7	63/32	кабель в трубі
	29			13	63/10	
	39			8,5	63/20	
	40			7,5	100/100	
	41			9,5	100/80	
ШП-3 KLM-R	1	кабельний опуск / кабель в трубі	5,5	63/50	кабельний опуск	
	2		5,5	63/50		
	3		5,5	63/63		
	4		5,5	63/63		
	5		5,5	63/63		
	6		5,5	63/10		
	7		5,5	63/10		
	26		9	63/10	кабель в трубі	
	27		9	250/200		
ШМ-2 KLM-R	ШП-3 ШП-2	шинопровід	4,5	250/200	-	
			5,3	250/160		
ШМ-1 KLM-R	ШП-1		4,5	630/400		
Т-1	ШМ-1	приєднання	-	630/400	-	
Т-2	ШМ-2	шинопроводу до РП	-	630/400		

Табл.10

3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній і шинопроводів

Вибір перерізу провідників будемо здійснювати за відоми струмом розчеплювача по наступній умові:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}},$$

де $K_{\text{прок}}$ – коефіцієнт прокладки;

k_3 - кратність струму провідника до струму апарата захисту ;

I_3 – струм розчеплювача апарата захисту.

Для прокладки в трубах обираю кабель ВВГ.

Оберемо кабель до радіально – свердлильного станка (№8), враховуючи, що кабель прокладений не у трубі:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1.0 * 10}{1} = 10 \text{ A.}$$

Згідно з вищенаведеною умовою обираємо кабель ВВГ – 4 х 1,5 (менший переріз не вибираємо з причин необхідності забезпечення достатньої механічної міцності кабеля).

Для кабелів, які прокладаються в трубах, діаметр труб (внутрішній діаметр) обираємо згідно з наступною формулою:

$$D \geq 1.35 * (d * n_{\text{пр}}),$$

D – внутрішній діаметр труби , мм ;

d – зовнішній діаметр кабеля ;

$n_{пр}$ – кількість кабелів.

Початок траси	Кінцева точка	I_3, A	$I_{доп}, A$	Тип КЛ / шинопроводу	Переріз , mm^2	Кількість жил/шин	Діаметр труби, мм	
ШР-1	8	10	23	ВВГ	1,5	4	-	
	9	10	23	ВВГ	1,5	4		
	10	40	41	ВВГ	4	4		
	11	40	41	ВВГ	4	4		
	12	80	80	ВВГ	10	4		
	13	80	80	ВВГ	10	4		
	14	100	100	ВВГ	16	4		
	15	100	100	ВВГ	16	4		
	16	100	100	ВВГ	16	4		
	17	100	100	ВВГ	16	4		
	18	100	100	ВВГ	16	4		
	19	63	80	ВВГ	10	4		
	20	63	80	ВВГ	10	4		
	28	200	215	ВВГ	50	4		
	30	100	100	ВВГ	16	4		
	31	100	100	ВВГ	16	4		
	32	100	115	ВВГ	35	4		70
	33	100	115	ВВГ	35	4		70
	34	50	50	ВВГ	6	4	-	
	35	50	50	ВВГ	6	4		
36	50	50	ВВГ	6	4			
37	50	50	ВВГ	6	4			
38	80	80	ВВГ	10	4			
ШР-2	21	100	100	ВВГ	16	4	-	
	22	100	100	ВВГ	16	4		
	23	100	100	ВВГ	16	4		
	24	32	34	ВВГ	3	4		

	25	32	34	BBГ	3	4	
	29	10	16	BBГ	1,5	4	20
	39	20	25	BBГ	2,5	4	25
	40	100	115	BBГ	35	4	70
	41	80	90	BBГ	25	4	
IIIП-3	1	50	50	BBГ	6	4	-
	2	50	50	BBГ	6	4	
	3	63	80	BBГ	10	4	
	4	63	80	BBГ	10	4	
	5	63	80	BBГ	10	4	
	6	10	23	BBГ	1,5	4	
	7	10	23	BBГ	1,5	4	
	26	10	16	BBГ	1,5	4	20
	27	200	225	BBГ	95	4	100
IIIМ-1	IIIП-1	400	400	KLM-R	180	4	-
IIIМ-2	IIIП-2	160	160	KLM-R	180	4	-
	IIIП-3	200	250	KLM-R	180	4	-
ТII-1	IIIМ-1	400	400	KLM-R	180	4	-
ТII-2	IIIМ-2	400	400	KLM-R	180	4	-

4 .Розрахунок струмів короткого замикання

та вибір електричних апаратів

При визначенні струмів к.з., використовують один із двох методів:

- 1) метод практичних (іменованих) одиниць – параметри схеми виражають в іменованих одиницях (омах, амперах, вольтах та ін.);
- 2) метод відносних (умовних) одиниць – параметри схеми виражають в частках або відсотках від величини, що прийнята в якості основної (базисної).

Метод практичних одиниць застосовують для розрахунку струмів к.з. відносно простих електричних мереж із невеликою кількістю ступенів трансформації.

Методом відносних одиниць зручніше користуватися при розрахунку струмів к.з. в складних електричних мережах із декількома ступенями трансформації напруги.

Розрахунок струмів к.з. проводиться в наступній послідовності:

вибирається метод розрахунку та розрахункові умови;

складається розрахункова схема мережі;

для розрахункової схеми складається еквівалентна схема заміщення;

визначається опір елементів схеми заміщення в практичних або іменованих одиницях;

еквівалентна схема заміщення зводиться до простішого виду;

визначаються результуючі опори до точок к.з.;

визначаються значення струмів к.з. в розрахункових точках.

4.1. Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній мережі

Розрахунок струмів короткого замикання будемо проводити для найтяжчого випадку, коли весь струм КЗ перетікає по одній кабельній лінії, і два СД підживлюють одне з місць КЗ (точка К1).

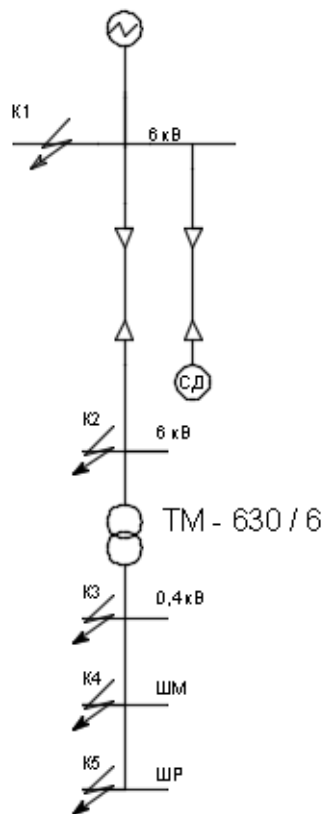


Рис.4

Точка:

К1 – шини джерела живлення;

К2 – шини ВН 6 кВ;

К3 – шини НН 0,4 кВ;

К4 – місце приєднання розподільчого шинопроводу до магістрального;

К5 - місце приєднання найпотужнішого електроприймача до найзавантаженішого розподільчого шинопроводу.

Повна потужність на шинах ВН 2КТП.

Втрати в ТМ – 630/6:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q_x + \Delta Q_k = 12,6 + 34,65 = 47,25 \text{ квар};$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_x + \Delta P_k = 2,19 + 9,33 = 11,52 \text{ кВт.}$$

Повні втрати:

$$\Delta S_{\text{тр1}} = \sqrt{\Delta P_{\text{тр}}^2 + \Delta Q_{\text{тр}}^2} = \sqrt{11,52^2 + 47,25^2} = 48,63 \text{ кВ} * \text{А.}$$

Враховуючи, що в нас два трансформатора:

$$\Delta S_{\text{тр}} = 2 * \Delta S_{\text{тр1}} = 2 * 48,63 = 97,26 \text{ кВ} * \text{А.}$$

Повна потужність на шинах ВН 2КТП:

$$S_{\text{ВН}} = \Delta S_{\text{тр}} + S_{\text{розр.}} = 97,26 + 402,4 = 499,7 \text{ кВ} * \text{А,}$$

де $S_{\text{роз}}$ – потужність з врахування компенсації реактивної потужності.

Значення струму:

$$I_{\text{ВН}} = \frac{S_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} * U_{\text{НОМ}}} = \frac{499,7}{\sqrt{3} * 6} = 48,1 \text{ А.}$$

Переріз кабельної лінії:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{ВН}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{48,1}{3} = 16,03 \text{ мм}^2,$$

де $j_{\text{ек}}$ – при $T_{\text{max}} = 2500$ год, $j_{\text{ек}} = 3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ для мідних кабелів.

Оберемо кабель СБ – 3 х 16, з $I_{\text{доп}} = 105$ А.

Поправка на температуру, беручи до уваги той факт, що кабель прокладений у землі:

$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} * \sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{ф.с.}}}{t_{\text{доп}} - t_{\text{опт.}}}} = 105 * \sqrt{\frac{65 - 20}{65 - 15}} = 99,6 \text{ А.}$$

Потужність СД:

$$P_{\text{АД}} = 630 \text{ кВт.}$$

Потужність СД, враховуючи його завантаження на 70%:

$$P_{\text{СД.зав.}} = \beta * n * P_{\text{СД}} = 0,7 * 2 * 630 = 882 \text{ кВт.}$$

Реактивна потужність СД, при $\cos\varphi = 0.9$:

$$Q_{\text{СД.зав.}} = P_{\text{СД.зав.}} * \tan\varphi = 882 * 0.484 = 426,9 \text{ квар.}$$

Повна потужність СД:

$$S_{\text{СД}} = \sqrt{P_{\text{СД.зав.}}^2 + Q_{\text{СД.зав.}}^2} = \sqrt{882^2 + 426,9^2} = 979,9 \text{ кВ * А.}$$

Потужність одного СД:

$$S_{\text{СД1}} = \frac{S_{\text{СД}}}{n} = \frac{979,9}{2} = 490 \text{ кВ * А.}$$

Значення струму одного СД:

$$I_{CD1} = \frac{S_{CD1}}{\sqrt{3} * U_{НОМ}} = \frac{490}{\sqrt{3} * 6} = 47,15 \text{ А.}$$

Кабельна лінія до СД:

$$S_{ек} = \frac{I_{CD1}}{j_{ек}} = \frac{47,15}{3} = 15,72 \text{ мм}^2,$$

Оберемо кабель СБ – 3 х 16 ,

Поправка на температуру, беручи до уваги той факт, що кабель прокладений у землі:

$$I_{доп}' = I_{доп} * \sqrt{\frac{t_{доп} - t_{ф.с.}}{t_{доп} - t_{опт.}}} = 105 * \sqrt{\frac{65 - 20}{65 - 15}} = 99,6 \text{ А.}$$

Розрахуємо втрату напруги в обраних кабелях.

Кабель СБ – 3 х 16 до 2КТП:

$$r_0 = 1,16 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0,103 \text{ Ом/км}.$$

Втрата напруги у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0,4 * 48,1 * (0,94 * 1,16 + 0,34 * 0,103) = 37,5 \text{ В.} \end{aligned}$$

У відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{мережі}} * 100\% = \frac{37,5}{6000} * 100 = 0,63 \% < 5\% .$$

Кабель СБ – 3 х 16 до СД:

$$r_0 = 1,16 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0,103 \text{ Ом/км}.$$

Втрата напруги у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0.4 * 47,15 * (0.9 * 1,16 + 0.436 * 0,103) = 35,6 \text{ В.} \end{aligned}$$

У відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{мережі}}} * 100\% = \frac{35,6}{6000} * 100 = 0.6 \% < 5\% .$$

Схема заміщення опорів.

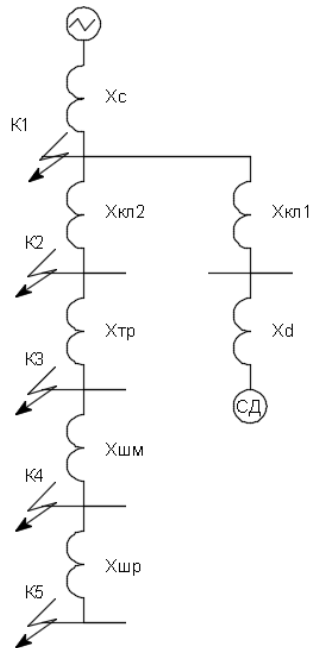


Рис.6

Прийmemo базові величини для точок K1 і K2:

для точок K1 і K2:

для СД і АД $x_d^{\dots} = 0,2$;

$$S_6 = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_6 = 6 \text{ кВ}.$$

Опір обмоток СД:

$$x_d = x_d^{\dots} * \frac{S_6}{S_{АД1}} = 0,2 * \frac{10}{0,49} = 4,08.$$

Опір $x_{кл1}$ (СБ – 3 х 16):

$$x_{кл1} = \frac{x_0 * l * S_6}{U_{НОМ}^2} = \frac{0.103 * 0.4 * 10}{6^2} = 0.011,$$

$$r_{кл1} = \frac{r_0 * l * S_6}{U_{НОМ}^2} = \frac{1.16 * 0.4 * 10}{6^2} = 0.13.$$

Струм підживлення від СД:

$$I_{СД,підж.} = \frac{n * I_{СД1} * E'_{СД} * 10^{-3}}{\sqrt{(r_{кл1})^2 + (x_d + x_{кл1})^2}} = \frac{2 * 47,15 * 1,1 * 10^{-3}}{\sqrt{0,13^2 + (4,08 + 0.011)^2}} = 0,025 \text{ кА}.$$

Стала часу СД:

$$T_{СД} = \frac{T_{о СД} * I_{СД,підж.}}{I_{СД,підж.}} = \frac{0,05 * 0,025}{0,025} = 0,05 \text{ с}.$$

$$T_{СД}' = \frac{T_{СД}' * I_{КЗСД}}{I_{КЗСД}} = \frac{0,07 * 0,025}{0,025} = 0,07.$$

Струм КЗ в К1:

$$I_{к1} = I_{СД,підж.} + I_{кз вн}^{КЗ} = 0,025 + 10 = 10,03 \text{ кА}.$$

Стала часу в К1:

$$T_A = \frac{T_{о.сд} * I_{сд.підж.} + T_{о.к} * I_{кз\text{ вн}}^{кз}}{I_{к1}} = \frac{0,05 * 0,025 + 0,02 * 10}{10,02} = 0,02 \text{ с.}$$

Аперіодична складова в К1:

$$i_a = \sqrt{2} * I_{к1} * e^{-\frac{\tau_{пв}}{T_a}} = \sqrt{2} * 10,02 * e^{-\frac{0,045}{0,02}} = 1,49 \text{ кА,}$$

$\tau_{пв}$ - час початку розмикання струму КЗ ВВ:

$$\tau_{пв} = \tau_{р.з.min} + \tau_{о.р.} = 0,01 + 0,035 = 0,045 \text{ с,}$$

$\tau_{о.р.}$ – час спрацювання ВВ.

Ударний струм :

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{к1} * K_{уд} = \sqrt{2} * 10,02 * 1,61 = 22,8 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс:

$$B_k = I_{кз1}^2 * (\tau_k + T_a) = 10,02^2 * (0,4 + 0,02) = 42,17 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Мінімальна площа перерізу провідника:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{42,17 * 10^6}}{170} = 38,2 \text{ мм}^2.$$

C – для мідних шин.

Для точки К2 розраховуємо за тим же принципом.

Опір системи за відомим КЗ в К1:

$$S_{кз} = \sqrt{3} * I_{кз\text{ вн}} * U_{ном} = \sqrt{3} * 10,02 * 6 = 104,13 \text{ кВ} * \text{А.}$$

Опір системи:

$$Z_c = \frac{S_б}{S_{кз}} = \frac{10}{104,13} = 0,096.$$

Опір $x_{кл2}$ (СБ – 3 x 16):

$$x_{кЛ2} = \frac{x_0 * l * S_б}{U_{НОМ}^2} = \frac{0.103 * 0.4 * 10}{6^2} = 0.011,$$

$$r_{кЛ2} = \frac{r_0 * l * S_б}{U_{НОМ}^2} = \frac{1.16 * 0.4 * 10}{6^2} = 0.13.$$

$$Z_{кЛ2} = \sqrt{r_{кЛ2}^2 + x_{кЛ2}^2} = \sqrt{0,13^2 + 0,011^2} = 0,14.$$

Опір до точки К2:

$$Z_{к2} = Z_c + Z_{кЛ2} = 0,096 + 0.14 = 0,236.$$

Струм К3 в К2:

$$I_{к32} = \frac{1}{Z_{к2}} * \frac{S_б}{\sqrt{3} * U_б} = \frac{1}{0.236} * \frac{10}{\sqrt{3} * 6} = 4,08 \text{ кА.}$$

Аперіодична складова:

$$i_a = \sqrt{2} * I_{к2} * e^{-\frac{\tau_{пв}}{T_a}} = \sqrt{2} * 4,08 * e^{-\frac{0.045}{0.02}} = 0,61 \text{ кА.}$$

Ударний струм :

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{к2} * K_{уд} = \sqrt{2} * 4,08 * 1,61 = 9,3 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс:

$$B_k = I_{к32}^2 * (\tau_k + T_a) = 9,3^2 * (0.4 + 0.02) = 7 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу провідника:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{7 * 10^6}}{140} = 18,9 \text{ мм}^2.$$

C – для мідних кабелів до 10 кВ.

Обираємо кабель СБ – 3 х 25.

Зробимо перерахунок.

Опір $x_{кЛ2}$ (СБ – 3 x 25):

$$x_{кЛ2} = \frac{x_0 * l * S_б}{U_{НОМ}^2} = \frac{0,091 * 0,4 * 10}{6^2} = 0,01,$$

$$r_{кЛ2} = \frac{r_0 * l * S_б}{U_{НОМ}^2} = \frac{0,74 * 0,4 * 10}{6^2} = 0,08.$$

$$Z_{кЛ2} = 0,08.$$

$$z_{к2} = 0,176.$$

$$I_{к32} = 5,47 \text{ кА.}$$

$$i_a = 0,82 \text{ кА.}$$

$$i_{уд} = 12,46 \text{ кА.}$$

$$B_k = 12,17 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

$$S_{min} = 24,9 \text{ мм}^2.$$

Точка К3.

СБ – 3 x 25:

$$r_{кЛ2} = r_0 \cdot \frac{l}{n_{кб}} \cdot \left(\frac{U_{НОМ}^{НН}}{U_{НОМ}^{ВН}} \right)^2 = 0,74 \cdot \frac{0,4}{1} \cdot \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 = 1,32 \text{ мОм},$$

$$x_{кЛ2} = x_0 \cdot \frac{l}{n_{кб}} \cdot \left(\frac{U_{НОМ}^{НН}}{U_{НОМ}^{ВН}} \right)^2 = 0,091 \cdot \frac{0,4}{1} \cdot \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 = 0,16 \text{ мОм},$$

$$Z_{кЛ2} = \sqrt{r_{кЛ2}^2 + x_{кЛ2}^2} = \sqrt{1,32^2 + 0,16^2} = 1,33 \text{ мОм.}$$

Опір трансформатора ТМ - 630/6:

$$X_{тр} = \sqrt{\left(\frac{U_k}{100} \right)^2 - \left(\frac{P_k}{S_{НОМ тр}} \right)^2} \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ тр}} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100} \right)^2 - \left(\frac{7,6}{630} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{630} = 0,014 \text{ мОм},$$

$$r_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{к}}}{S_{\text{ном тр}}} \cdot U_{\text{ном}}^2 = \frac{7,6}{630} \cdot 0,4^2 = 1,93 \text{ мОм},$$

$$Z_{\text{тр}} = \sqrt{r_{\text{тр}}^2 + X_{\text{тр}}^2} = \sqrt{2,37^2 + 0,03^2} = 2,37 \text{ мОм}.$$

Опір алюмінієвих з'єднань:

$$r_{\text{кон}} = 15 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{кон}} = 0 \text{ мОм}, \text{ тоді } Z_{\text{кон}} = r_{\text{кон}} = 15 \text{ мОм}.$$

Опір системи в мОм:

$$Z_{\text{с}} = \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{к3}}} = \frac{6^2}{104,13} = 0,345 \text{ Ом} = 345 \text{ мОм}.$$

Сума опорів до точки К3:

$$Z_{\text{к3}} = Z_{\text{тр}} + Z_{\text{кон}} + Z_{\text{кл2}} + Z_{\text{с}} = 2,37 + 15 + 1,33 + 345 = 363,7 \text{ мОм}.$$

Величина струму К3 :

$$I_{\text{к3}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{к3}}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 363,7} = 0,63 \text{ кА}.$$

Точка КЗ	$I_{\text{к}}, \text{кА}$	$i_{\text{уд}}, \text{кА}$	$i_{\text{а}}, \text{кА}$	$B_{\text{к}}, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$S_{\text{min}}, \text{мм}^2$
К1	10,03	22,8	1,49	42,17	38,2
К2	5,47	12,46	0,82	12,17	24,9
К3	0,63	0,9	0	0,08	2,36
К4	0,61	0,86	0	0,075	2,3
К5	0,6	0,85	0	0,073	2,25

Табл.12

4.2. Вибір комутаційної апаратури на напругу 0,38 кВ

Автоматичні вимикачі оберемо по наступним умовам:

$$1) U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{НОМ.М}};$$

$$2) I_{\text{розч}} \geq I_{\text{НОМ}};$$

$$3) I_{\text{НОМ.ав.}} \geq I_{\text{розч}};$$

$$4) I_{\text{спр.}} \geq 1.25 * I_{\text{пік}};$$

$$5) I_{\text{кз}} \leq I_{\text{max.в.}}$$

$$6) i_{\text{ел.д.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

Оберемо АВ для токарно – гвинторізного станка:

$$1) U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{НОМ.М}}$$

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В};$$

$$2) I_{\text{розч.}} \geq I_{\text{НОМ}};$$

$$10 \text{ А} > 9,02 \text{ А.}$$

$$3) I_{\text{НОМ.ав.}} \geq I_{\text{розч}};$$

$$63 \text{ А} > 10 \text{ А}$$

$$4) I_{\text{спр.}} \geq 1.25 * I_{\text{пік}};$$

$$120 \text{ А} > 1.25 * 5 * 9,02 = 56,38 \text{ А}$$

$$5) I_{кз} \leq I_{max.в.}$$

$$0,6 \text{ кА} < 4,5 \text{ кА}$$

$$6) i_{ел.д.} \geq i_{уд.}$$

$$3 \text{ кА} > 0,85 \text{ кА.}$$

Для токарно – гвинторізного станка приймаю АВ типу АЕ2046М.

Початок лінії	Кінцева точка	$I_{розч.}, A$	$I_{ном.ав.}, A$	$I_{спр.}, A$	$I_{max.в.}, A$	$I_{кз}, A$	$i_{ел.д.}, кА$	$i_{уд.}, кА$	Назва АВ
ШР-1	8	10	63	120	4,5	0,6	3	0,85	АЕ2046М
	9	10		120	4,5				
	10	40		480	4,5				
	11	40		480	4,5				
	12	80	100	800	4,5				АЕ2056М
	13	80		800	4,5				
	14	100		1000	4,5				
	15	100		1000	4,5				
	16	100		1000	4,5				
	17	100		1000	4,5				
	18	100	63	756	4,5				АЕ2046М
	19	63		756	4,5				
	20	63	250	2500	25				А3726Б
	28	200		2500	25				
	30	100	100	1000	4,5				АЕ2056М
	31	100		1000	4,5				
	32	100		1000	4,5				
	33	100		1000	4,5				
	34	50	63	600	4,5				АЕ2046М
	35	50		600	4,5				
36	50	600		4,5					
37	50	600		4,5					
38	80	100	800	4,5	АЕ2056М				
ШР-2	21	100	100	1000	4,5	0,6	3	0,85	АЕ2056М
	22	100			4,5				
	23	100			4,5				

	24	32	63	384	4,5				AE2046M
	25	32		384	4,5				
	29	10		120	4,5				
	39	20		240	4,5				
	40	100	100	1000	4,5				AE2056M
	41	100		1000	4,5				
ШП-3	1	50	63	600	4,5	0,6	3	0,85	AE2046M
	2	50		600					
	3	63		756					
	4	63		756					
	5	63		756					
	6	10		120					
	7	10		120					
	26	10		120					
	27	200	250	2500	A3726Б				
ШМ-1	ШП-1	400	630	2500	40	0,61	5	0,86	BA57-39
ШМ-2	ШП-2	160	250	1600	40				BA57-35
	ШП-3	200		1600	40				
Т-1	ШМ-1	400	630	2500	40	0,63	5	0,9	BA57-39
Т-2	ШМ-2	400	630	2500	40	0,63	5	0,9	BA57-39

Табл. 13

Умови вибору магнітних пускачів:

$$U_{\text{ном.п.}} \geq U_{\text{мер}}$$

$$I_{\text{пуск.}} \geq I_{\text{дв.}}$$

$$P_{\text{пуск.}} \geq P_{\text{дв.}}$$

$$I_{\text{РТ}} > I_{\text{дв.}}$$

Електроприймач			Магнітний пускач			Телове реле	
Назва	$I_{\text{дв.}}, \text{A}$	$P_{\text{дв.}}, \text{кВт}$	Назва	$I_{\text{пуск.}}, \text{A}$	$P_{\text{пуск.}}, \text{кВт}$	Назва	Діапазон регулювання
Вентилятор калорифера (26,29)	9,02	4	ПМЛ-1210	10	5,5	РТЛ 2014	(7...10),A
Вентилятор витяжний (27,28)	169	75	ПМЛ-7210	250	110	РТЛ 3270	(165...270),A

Насос гідравлічний (30- 33)	90	40	ПМЛ- 5210	125	55	РТЛ 3125	(74...125),А
-----------------------------------	----	----	--------------	-----	----	----------	--------------

Табл14

4.3. Вибір електричних апаратів РП - 6 кВ

Виберемо високовольтні вимикачі за умовами:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}};$$

$$3) I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{птр.}}$$

$$4) \sqrt{2} * I_{\text{роз}} * \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} * I_{\text{пр}} + i_{\text{а}};$$

$$5) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$6) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{п0.}}$$

$$7) I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к}}$$

В лінію живлення СБ – 3 х 25 до ВН 2КТП оберемо ВВ:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$10 \text{ кВ} > 6 \text{ кВ.}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}};$$

$$630 \text{ А} > 48,1 \text{ А.}$$

$$3) I_{\text{роз.}} \geq I_{\text{птр.}}$$

$$20 \text{ кА} > 5,47 \text{ кА.}$$

$$4) \sqrt{2} * I_{\text{ном.р.}} * \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} * I_{\text{пр}} + i_{\text{а}};$$

$$\sqrt{2} * 20 * \left(1 + \frac{40}{100}\right) = 39,6 \text{ кА} > \sqrt{2} * 5,47 + 2,27 = 8,56 \text{ кА}.$$

$$5) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}};$$

$$52 \text{ кА} > 12,46 \text{ кА}.$$

$$6) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{по.}};$$

$$20,4 \text{ кА} > 5,47 \text{ кА}.$$

$$7) I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_k.$$

$$1200 \text{ кА}^2 * \text{с} > 12,17 \text{ кА}^2 * \text{с}.$$

Лінія	$U_{\text{мкВ}}$	$U_{\text{ввкВ}}$	$I_{\text{р, А}}$	$I_{\text{вв, А}}$	Тип
СБ – 3 х 25	6	10	48,1	630	ВРС – 10 – 20 - /630У2
СБ – 3 х 16	6	10	47,15	630	ВРС – 10 – 20 - /630У2

Табл.14

Високовольтні ро'єднувачі .

Лінія	$U_{\text{ном.мкВ}}$	$U_{\text{ном.ввкВ}}$	$I_{\text{р, А}}$	$I_{\text{р.вв, А}}$	Тип
СБ – 3 х 95	6	10	48,1	400	РЛНД- 10/400У1
СБ – 3 х 16	6	10	47,15	400	РЛНД- 10/400У1

Табл.15

4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів

контролю і обліку

Автоматизована система обліку електроенергії (АСОЕ) НЕК «Укренерго» – автоматизована інформаційнообчислювальна система, основне призначення якої – вимірювання, збирання, обробка, зберігання, відображення, документування даних з обліку електричної енергії, взаємодія з інформаційними системами суб'єктів ОРЕ України й суміжних держав, що функціонують у мережах 220–750 кВ.

До основних функцій, що виконує АСОЕ НЕК «Укренерго», належать:

вимірювання параметрів електроенергії в точках обліку (активної електроенергії, електричної потужності, перетікань реактивної енергії тощо);

автоматизоване збирання даних вимірювань параметрів електроенергії з лічильників та інших даних, необхідних для ведення обліку електричної енергії;

автоматизована обробка даних вимірювань параметрів електроенергії та інших даних із метою одержання даних обліку електроенергії, що використовують для фінансових та інших розрахунків;

автоматизоване збереження даних обліку електроенергії;

забезпечення інформаційного обміну даними з АСОЕ Головного оператора або системою обліку й розрахування ДП «Енергоринок», іншими автоматизованими системами НЕК «Укренерго» й інформаційними системами суб'єктів ОРЕ та сусідніх держав;

формування екранних і звітних форм.

Умови вибору ТС:

$$1) U_{1\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м.}}$$

$$2) I_{1\text{та}} \geq I_{\text{нн}}$$

$$3) i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$$

$$4) I_{\tau}^2 * \tau \geq B_{\text{к}}$$

$$5) Z_{2\text{та}} \geq Z_{2\text{факт}}$$

Оберемо ТС в коло НН 2КТП.

Тип ТС	Дані за каталогом	Умова		Розрахункові дані
		Перевірки	Фактична	
ТА540	$U_{1\text{ном}} = 0.66 \text{ кВ}$	\geq	$>$	$U_{\text{ном.м}} = 0.38 \text{ кВ}$
	$I_{1\text{ном}} = 800 \text{ А}$	\geq	$>$	$I_{\text{р}} = 742,7 \text{ А}$
	$i_{\text{дин}} = 5 \text{ кА}$	\geq	$>$	$i_{\text{уд}} = 0,9 \text{ кА}$
	$I_{\tau}^2 * \tau = 268 \text{ кА}^2 * \text{С}$	\geq	$>$	$B_{\text{к}} = 0,08 \text{ кА}^2 * \text{С}$
	$Z_{2\text{ном}} = 1.2 \text{ Ом}$	\geq	$>$	$Z_2 = 0,277 \text{ Ом}$

Табл.16

Прилад	Тип приладу	Навантаження , В*А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Е - 378	0.1	-	-
Лічильник активної	Меркурій 230	2.5	-	2.5

енергії				
Лічильник реактивної енергії	Меркурій 230	2.5	-	2.5
Усього		5.1	-	5

Табл.17

Сумарний опір приладів на фазі:

$$Z_{\Sigma \text{ прил}} = \frac{S_{\Sigma \text{ прил}}}{I_{2\text{ном}}^2} = \frac{5.1}{5^2} = 0.21 \text{ Ом}$$

Опір проводів:

$$r_{\text{пр}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{прил}} - r_{\text{кн}} = 1.2 - 0.21 - 0.05 = 0.94 \text{ Ом},$$

де $r_{\text{кн}}$ – опір контактних з'єднань.

Довжина кабелів $l = 12 \text{ м}$.

Переріз проводів для ТС:

$$S = \frac{\rho * l}{r_{\text{пр}}} = \frac{0.0172 * 12}{0.94} = 0,22 \text{ мм}^2.$$

Опір при перерізі 1,5 мм.кв.:

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho * l}{S} = \frac{0.0172 * 12}{1.5} = 0.14 \text{ Ом}.$$

Опір вторинної обмотки :

$$Z_2 = r_{\text{пр}} + r_{\text{прил}} + r_{\text{кн}} = 0.14 + 0.21 + 0.05 = 0,277 \text{ Ом}.$$

5 . Якість електричної енергії

Визначимо яка напруга на шинах НН 2КТП за наступною формулою:

$$U_2^{\text{првд.}} = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}};$$

де $U_2^{\text{првд.}}$ – приведена напруга НН відносно ВН;

$\Delta U_{\text{л}}$ – втрати напруги в СБ – 3 x 25 ;

$\Delta U_{\text{тр}}$ – втрати в трансформаторі ТМ – 630 / 6.

Знайдемо втрати напруги в ТМ – 630/6:

$$U_{\text{ка}} = \frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{тр}}} * 100 = \frac{7,6}{630} * 100 = 1,21 \%,$$

$$U_{\text{кр}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_{\text{ка}}^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,21^2} = 5,37 \%.$$

Втрати у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{тр}} &= \frac{U}{S_{\text{тр}}} * (U_{\text{ка}} * (S_{\text{НН}} * \cos\varphi) + U_{\text{кр}} * (S_{\text{НН}} * \sin\varphi)) \\ &= \frac{6}{630} * (1,21 * (499,7 * 0,94) + 5,37 * (499,7 * 0,34)) = 14,1 \text{ В.} \end{aligned}$$

Втрати в лінії СБ – 3 x 25:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos\varphi \cdot r_0 + \sin\varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0,4 * 48,1 * (0,94 * 0,74 + 0,34 * 0,091) = 24,2 \text{ В.} \end{aligned}$$

Значення $U_2^{\text{првд.}}$:

$$U_2^{\text{првд.}} = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}} = 6000 - 24,8 - 14,1 = 5\,961,1 \text{ В.}$$

Коефіцієнт трансформації ТМ – 630 / 6:

$$K_{\text{т}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{6}{0.4} = 15.$$

Фактична напруга:

$$U_2^{\text{фак.}} = \frac{U_2^{\text{првд.}}}{K_{\text{т}}} = \frac{5\,961,1}{15} = 397,41 \text{ В.}$$

6. Електричне освітлення

Світлодіодний світильник являє собою окремий і самостійний пристрій. Його корпус найчастіше індивідуальний по дизайну і спеціально спроектований під різні світлодіодні джерела освітлення. Його конструкція складається з корпусу, набору світлодіодних джерел світла та перетворювача живлення, розрахованого на живлення від мережі. Часто світлодіодними світильниками називають звичайні традиційні світильники, в яких встановлені змінні світлодіодні лампи, але це неправильно, оскільки у спеціально спроектованих пристроїв більш продумана надійність і краще параметри енергоефективності. Світильники з використанням світлодіодних елементів застосовуються для місцевого або формованого спрямованого освітлення.

Їх явна перевага, як і помічалось раніше: досить низьке енергоспоживання, тривалий термін служби, який коливається в межах від 30000 до 50000 (в інших випадках і більше) годин, зручність і простота в установці, значно нижча температура елементів корпусу в порівнянні з аналогічними пристроями на звичайних лампах розжарювання і рівній яскравості. Позитивним моментом є досить висока механічна міцність, а також

невеликі габарити пристрою. Істотний недолік - високі ціни на кінцевий продукт. Позитивний момент - високий ступінь ремонтпридатності (при виході з ладу будь-якого з елементів пристрою, подібні агрегати найчастіше підлягають ремонту шляхом заміни на аналогічний елемент). Недоліки у високих цінах на пристрій, в переважній більшості компенсуються значною економією споживаної електроенергії і економією на поточному обслуговуванні або замінах ламп, що актуально і все частіше використовується для організації вуличного освітлення.

Висота підвісу світильників:

$$H_p = H - h_c - h_p = 5,5 - 0 - 1 = 4,5 \text{ м,}$$

де H – висота цеху ;

h_c – приймається рівним 0, якщо в приміщенні наявна кран - балка;

h_p – рівень робочої поверхні .

Розміри цеху наступні:

$$a = 53 \text{ м ; } b = 34 \text{ м.}$$

Висота підвісу світильників приймається однаковою по всій площі цеху, так як в цеху наявна кран – балка, і 2КТП, яка має висотку 2,65 м.

Визначимо площу:

$$S = a \times b = 53 * 34 = 1802 \text{ м}^2 .$$

Нормована освітленість - $E_n = 200$ лк.

Відстань між центрами світлодіодних світильників при типі кривої світла - Л:

$$L = \lambda * H_p = (1,4 \dots 2,0) * 5 = 7 \dots 10 \text{ м.}$$

Прийmemo $L = 7$ м .

Числов рядів:

$$n_B = \frac{b}{L} = \frac{34}{7} = 4,86 \approx 5.$$

Кількість світильників в ряду:

$$n_A = \frac{a}{L} = \frac{53}{7} = 7,57 \approx 8.$$

Кількість світильників:

$$N_{\text{св}} = n_A * n_B = 8 * 5 = 40.$$

Індекс форми приміщення ковальського цеху:

$$i = \frac{S}{H_p * (A + B)} = \frac{1802}{4,5 * (53 + 34)} = 4,14.$$

Прийmemo :

$$\rho_{\text{стелі}} = 50\%; \rho_{\text{стіни}} = 30\%; \rho_{\text{підлоги}} = 10\%.$$

Коефіцієнт використання СП (світлового потоку):

$\eta=0.74$ – для світлодіодних джерел;

коефіцієнт запасу $\kappa_3 = 1.5$;

коефіцієнт нерівності $z = 1.15$.

Необхідний світловий потік для ковальського цеху:

$$\Phi_{\text{розр.}} = \frac{E_{\text{норм}} * S * \kappa_3 * z}{N * \eta} = \frac{200 * 1802 * 1.5 * 1.15}{40 * 0.75} = 20\,723 \text{ лм.}$$

Обираю світлодіодний світильник PSU HRO BY550P LED200/CW з

$\Phi_{\text{ном.}} = 20\,000 \text{ лм.}$

Відхилення $\Phi_{\text{розр}}$ від $\Phi_{\text{ном.}}$:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{ном.}} - \Phi_{\text{розр.}}}{\Phi_{\text{розр.}}} * 100\% = \frac{20000 - 20\,723}{20\,723} * 100 = -3,5 \%,$$

отримане значення не виходить за допустимий діапазон відхилення світлового потоку -10...+20 %.

Споживана потужність:

$$P_p = N_l * P_n = 40 * 160 = 6\,400 \text{ Вт} = 6,4 \text{ кВт.}$$

Питома потужність:

$$P_{\text{пит.р.}} = \frac{P_p}{S} = \frac{6400}{1802} = 3,55 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

$S, \text{мм}^2$	$H_p, \text{м}$	$P_{\text{НОМ}}, \text{Вт}$	$\Phi_{\text{НОМ}}, \text{лм}$	$N_{\text{л}}, \text{шт}$	$\Phi_p, \text{лм}$	$\Delta\Phi, \%$	$P_{\text{пит.р.}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
1802	4,5	160	20000	40	20 723	3,5	3,55

Табл.19

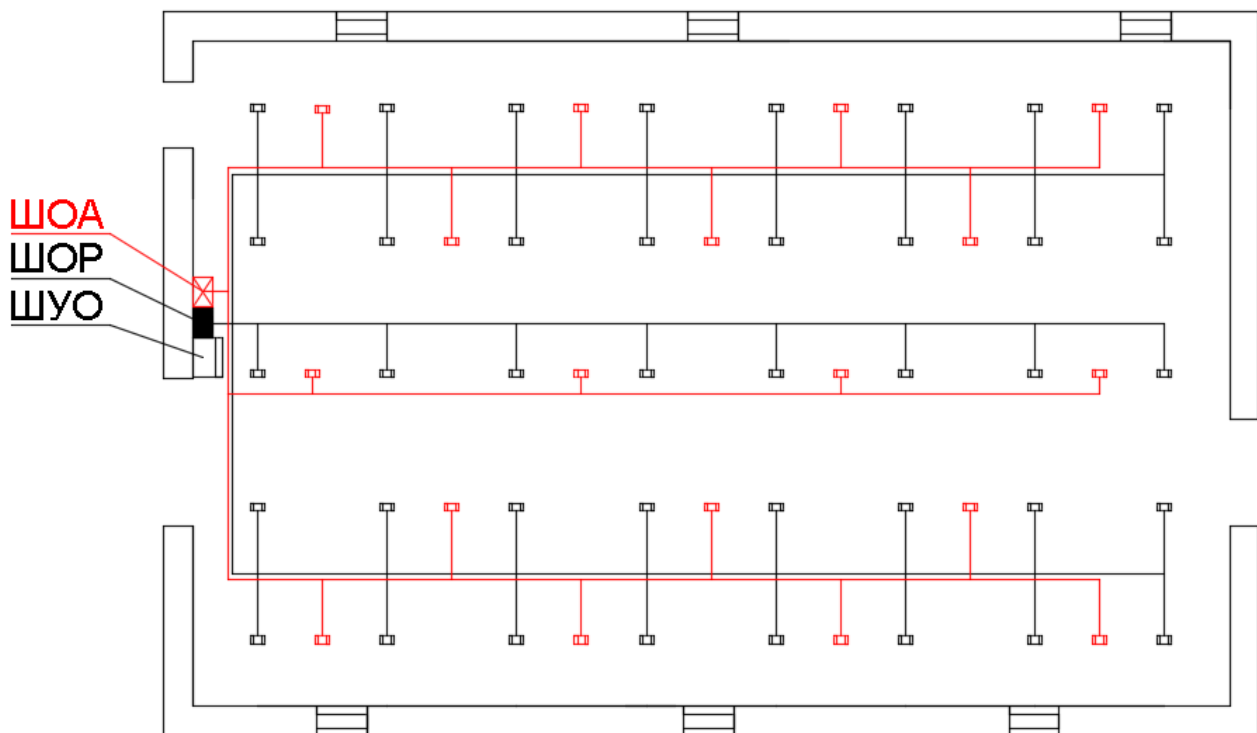


Рис.7 Схема освітлення

Сумарне освітлювальне навантаження в робочому режимі:

$$P_{\text{роб}} = P * K_{\text{п}} = 6,4 * 0,95 = 6,01 \text{ кВт.}$$

де $K_{\text{п}} = 0,95$ – для виробничих будівель.

Струм при цьому:

$$I_{\text{роб}} = \frac{P_{\text{роб}}}{\sqrt{3} * U_{\text{л}} * \cos\varphi} = \frac{6,01}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,95} = 9,13 \text{ А.}$$

Для можливості керування освітленням, встановимо ШУО(шафа управління освітленням).

Оберемо в ШУО ввідний АВ:

$$I_{\text{АВ.розч.}} \geq I_{\text{роб.}}$$

$$I_{\text{АВ.ном.}} \geq I_{\text{АВ.розч.}}$$

$$I_{\text{АВ.розч.}} \geq 1.4 * I_{\text{роб.}}$$

$$I_{\text{АВ.розч.}} = 16 \text{ A} > I_{\text{роб.}} = 9,13 \text{ A}$$

$$I_{\text{АВ.ном.}} = 63 \text{ A} > I_{\text{АВ.розч.}} = 16 \text{ A};$$

$$I_{\text{АВ.розч.}} = 16 \text{ A} > 1.4 * I_{\text{роб.}} = 1.4 * 9,13 = 12,78 \text{ A},$$

обираємо ВА21-29.

До ШУО живлення постачається шинопроводом ШП-2 (KLM – R), від якого йде кабельне відгалуження на ШУО. Знайдемо площу поперечного перерізу цього кабеля:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_z * I_z}{K_{\text{пр}}} = \frac{1 * 16}{1} = 16 \text{ A},$$

ВВГ – 4 х 2,5 з $I_{\text{доп}} = 30 \text{ A}$.

Оберемо в ввідний АВ в ЩОР.

$$I_{\text{АВ.розч.}} \geq I_{\text{роб.}}$$

$$I_{\text{АВ.ном.}} \geq I_{\text{АВ.розч.}}$$

$$I_{\text{АВ.розч.}} \geq 1.4 * I_{\text{роб.}}$$

$$I_{\text{АВ.розч.}} = 16 \text{ A} > I_{\text{роб.}} = 9,13 \text{ A}$$

$$I_{\text{АВ.ном.}} = 63 \text{ A} > I_{\text{АВ.розч.}} = 16 \text{ A};$$

$$I_{\text{розч.}} = 16 \text{ A} > 1.4 * I_{\text{роб.}} = 1.4 * 9,13 = 12,78 \text{ A},$$

обираємо ВА21-29.

Від ШУО до ЩРО кабель прокладений по стіні на скобах. Знайдемо площу цього кабелю:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1 * 16}{1} = 16 \text{ A},$$

ВВГ – 4 x 2,5 .

На кожну магістральну відхідну лінію, враховуючи малі значення струмів споживання світильниками, обираємо кабель ВВГ – 5 x 1,5 (в щитку здійснюється розділення жили PEN на PE і N).

Номинальний струм магістральної лінії:

$$I_{\text{маг.}} = \frac{P_{\text{ном}} * n}{\sqrt{3} * U_{\text{л}} * \cos\varphi} = \frac{0,16 * 16}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,95} = 3,89 \text{ A}.$$

Обираю АВ на кожну відхідну, магістральну лінію:

$$I_{\text{АВ.розч.}} \geq I_{\text{роб.}};$$

$$I_{\text{АВ.ном.}} \geq I_{\text{АВ.розч.}};$$

$$I_{\text{АВ.розч.}} \geq \mathbf{1.4} * I_{\text{роб.}};$$

$$I_{\text{АВ.розч.}} = \mathbf{6 \text{ A}} > I_{\text{роб.}} = \mathbf{3,89 \text{ A}}$$

$$I_{\text{АВ.ном.}} = \mathbf{63 \text{ A}} > I_{\text{АВ.розч.}} = \mathbf{6 \text{ A}};$$

$$I_{\text{розч.}} = 6 \text{ A} > 1.4 * I_{\text{роб.}} = 1.4 * 3,89 = 5,45 \text{ A},$$

обираємо ВА21-29.

Споживання потужності, в разі спрацювання аварійних світильників:

$$P_{\text{ав}} = N_{\text{л}} * P_{\text{н}} = 18 * 160 = 2880 \text{ Вт} = 2,88 \text{ кВт}.$$

Струм при цьому :

$$I_{\text{ав}} = \frac{P_{\text{ав}}}{\sqrt{3} * U_{\text{л}} * \cos\varphi} = \frac{2,88}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,95} = 4,38 \text{ A}.$$

На ввід в ЩОА оберемо АВ:

$$I_{\text{АВ.розч.}} \geq I_{\text{роб.}};$$

$$I_{\text{АВ.ном.}} \geq I_{\text{АВ.розч.}};$$

$$I_{\text{АВ.розч.}} \geq \mathbf{1.4} * I_{\text{роб.}};$$

$$I_{\text{розч.}} = 8 \text{ A} > I_a = 4,38 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 63 \text{ A} > I_{\text{розч.}} = 8 \text{ A};$$

$$I_{\text{розч.}} = 8 \text{ A} > 1.4 * I_a = 1.4 * 4,38 = 6,13 \text{ A}.$$

Кабель від ШУО до ЩОА прокладемо по стіні на скобах. Оберемо переріз кабелю:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1 * 8}{1} = 8 \text{ A},$$

ВВГ – 4 x 1,5 , з $I_{\text{доп}} = 23 \text{ A}$.

Струм аварійної відхідної магістральної лінії:

$$I_{\text{маг.ав.}} = \frac{P_{\text{ав}} * n}{\sqrt{3} * U_{\text{л}} * \cos\varphi} = \frac{0,16 * 7}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,95} = 1,12 \text{ A}.$$

На магістральні лінії аварійного освітлення обираю КЛ ВВГ – 5 x 1,5.

Обираю АВ для аварійного освітлення на кожен відхідну, магістральну лінію:

$$I_{\text{АВ.розч.}} \geq I_{\text{роб.}};$$

$$I_{\text{АВ.ном.}} \geq I_{\text{АВ.розч.}};$$

$$I_{\text{АВ.розч.}} \geq 1.4 * I_{\text{роб.}};$$

$$I_{\text{АВ.розч.}} = 1,6 \text{ A} > I_{\text{роб}} = 1,12 \text{ A}$$

$$I_{\text{АВ.ном.}} = 63 \text{ A} > I_{\text{АВ.розч.}} = 1,6 \text{ A};$$

$$I_{\text{розч.}} = 1,6 \text{ A} > 1.4 * I_{\text{роб}} = 1.4 * 1,12 = 1,57 \text{ A},$$

обираємо ВА21-29.

Аналіз використання геотермальних джерел

У надрах землі знаходяться безмежні запаси скарбів, про які давно відомо людині і якими вона благополучно користується. Всі ми пам'ятаємо про корисні копалини, активно застосовуємо в повсякденному житті газ, нафту, вугілля, носимо вироби зі срібла, золота, дорогоцінних каменів, але забуваємо про один великий скарб – геотермальну енергію. Що це таке і в чому її цінність?

Особливості та принцип роботи геотермальних електростанцій

Вважається, що геотермальна енергія – один із найбільш вигідних джерел енергії. Значна частина цієї енергії знаходиться в магмі. Тепло Землі – справжня перлина, яка має ряд переваг перед енергією газу, нафти й атома. Якщо перерахувати на мегават-години кількість підземного тепла, яке щорічно піднімається на поверхню, то вийде 100 мільярдів! Це значно перевищує кількість споживаної енергії на планеті. Все більше і більше домогосподарств у всьому світі інвестують в геотермальну енергію, будуючи геотермальні електростанції (ГеоТЕС), щоб зменшити свої витрати. Ці станції отримують тепло Землі шляхом буріння парових або водяних свердловин і використовують дану енергію для нагріву води або будь-якого іншого типу рідини. Потрібно це для того, щоб обертати генераторні турбіни, що виробляють енергію, яка потім розподіляється серед споживачів. Далі рідина охолоджується за допомогою конденсатора і повертається на землю.

Згідно з типологією Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), розрізняють 5 типів джерел геотермальної енергії:

- суха пара;
- волога пара (гаряча вода + пара);

- геотермальні води (гаряча вода або пара + вода);
- сухі гарячі кам'яні породи, розігріті магмою;
- магма.

• Існує три методи перетворення геотермальної енергії в електрику .І зумовлено це двома факторами: станом середовища (вода або пара) та температурою породи.

Прямий метод передбачає використання сухої пари. The Geysers (Північна Каліфорнія) – одна з найвідоміших ГеоТЕС такого типу, загалом в цей комплекс входить 22 геотермальні електростанції (фото 1).



Непрямий метод – використання водяної пари. При цьому температура води повинна бути понад 180 °С, щоб під власним тиском текти вгору через свердловину. Варто зазначити, що це нижча температура, ніж у сухих парових установок. Коли тиск зменшується, частина води «спалахує» у вигляді пари, яка проходить через секцію турбіни. Решта води, що не стала паром, повертається назад в свердловину і може повторно використовуватися для опалення. Вартість

цих систем збільшується через більш складні механізми, проте вони все ще можуть конкурувати зі звичайними джерелами живлення. Чимало

прикладів таких станцій є в Ісландії, належать вони компанії Orkuveita Reykjavíkur, фото 2.



Змішаний, або ж бінарний метод – використання геотермальних вод у поєднанні з допоміжною рідиною (наприклад, фреоном). Згідно з прогнозами, в майбутньому бінарні електростанції стануть найчастіше використовуваним типом ГеоТЕС. Це пов'язано з тим, що для установок бінарного циклу підходить вода з нижчою температурою. Також вони не виділяють ніяких викидів, крім водяної пари. А, наприклад, установки з «сухим паром» виділяють парникові гази. Звичайно, вони становлять лише восьму частину від викидів вугільних електростанцій, а втім це теж викиди. Приклад бінарної установки ГеоТЕС на фото 3.



Хоча існують різні види геотермальних електростанцій, всі вони виконують одну й ту ж основну функцію – вловлюють пару, що піднімається, або гарячу воду та використовують для живлення електричного генератора. Звичайно ж, у геотермальних електростанцій є свої плюси та мінуси, давайте розглянемо їх детальніше.

Переваги ГеоТЕС

Геотермальні електростанції мають багато переваг.

- **Відносно екологічно чисті.** На відміну від вугільних електростанцій, на геотермальних використовується відновлюване джерело тепла, яке має постійний запас. Дослідження показали, що в галузі задіяні всього 6,5% від загального світового потенціалу, а це означає, що енергії вистачить ще на багато років. Крім того, кількість парникового газу від ГеоТЕС становить всього 5% від того, що виділяють вугільні електростанції.

- **Більша кількість енергії.** ГеоТЕС мають велику потужність – вони можуть вагомо допомогти в задоволенні попиту на енергію, який росте з кожним роком як в розвинених країнах, так і в країнах, що розвиваються.

- **Стабільні ціни.** Звичайні електростанції залежать від палива, тому вартість виробленої ними електроенергії коливається, виходячи з ринкової ціни на паливо. Оскільки ГеоТЕС не використовують паливо, то їм не потрібно враховувати його вартість, і вони можуть запропонувати своїм споживачам стабільні витрати на електроенергію.

- **Низькі експлуатаційні витрати.** Геотермальні установки вимагають мінімального обслуговування порівняно з традиційними електростанціями. В результаті вони надійні і дешеві в експлуатації.

- **Відновлюване і стійке джерело.** Геотермальна енергія ніколи не закінчиться, на відміну від невідновлюваних джерел енергії. Поки земля підтримує життя, геотермальна енергія буде існувати, ГеоТЕС будуть працювати.

- **Постійне енергопостачання.** На відміну від інших відновлюваних джерел енергії, геотермальна може забезпечувати постійне енергопостачання – 24 години на добу, 7 днів на тиждень, 365 днів на рік незалежно від зовнішніх факторів. Наприклад, сонячні батареї можуть виробляти електрику тільки протягом дня, а вітрові турбіни виробляють енергію лише при достатньому вітрі.

- **Незначна площа.** Займають менше місця, ніж їх вугільні, нафтові та газові еквіваленти. Хоча вони будуть сягати далеко під земною поверхнею, їхня площа буде незначною.

- **Малощумна робота.** При виробництві геотермальної енергії мало шуму. Основним джерелом шуму є вентилятори, які знаходяться в системах охолодження. Щоб знизити його рівень, інженери можуть встановлювати в генераторних цехах матеріали з високими демпфуючими властивостями. Це допомагає зменшити шумове забруднення.

• **Енергетична безпека.** Використовуючи місцеві геотермальні ресурси, скорочується потреба в постачанні джерел з інших країн, що, в свою чергу, знижує залежність від зовнішніх впливів і допомагає підвищити нашу енергетичну безпеку.

Недоліки ГеоТЕС

Як часто буває, деякі плюси можуть плавно переходити в мінуси, все буде залежати від того, під яким кутом розглядати те чи інше питання. Недарма кажуть, що у монети – дві сторони. Отже, недоліки геотермальних електростанцій.

• **Екологічна проблема.** Збитком для навколишнього середовища може стати високе споживання прісної води, що, в кінцевому результаті, призведе до її дефіциту. Рідини, які добуваються з землі в процесі буріння, містять велику кількість токсичних хімічних речовин (в тому числі миш'яку і ртуті), а також парникових газів (таких як сірководень, вуглекислий газ, метан, аміак і радон). Якщо вони неправильно утилізуються або обробляються, то можуть потрапити в атмосферу або просочитися в ґрунтові води і завдати шкоди довкіллю та здоров'ю людей.

• **Географічні обмеження.** Геотермальна активність найбільш висока уздовж тектонічних ліній розломів у земній корі. Саме в цих місцях геотермальна енергія має найбільший потенціал. Недолік у тому, що лише деякі країни можуть використовувати геотермальні ресурси. Тому, з огляду на географічні особливості, такі країни є основними виробниками геотермальної енергії: США, Ісландія, Кенія, Індонезія, Філіппіни, Мексика. Недарма ГеоТЕС цих країн увійшли до рейтингу найбільших у світі станом на березень 2018 року (у мегаватах).

• **Сейсмічна нестабільність.** Є підстави вважати, що геотермальні споруди викликали підземні поштовхи в різних частинах світу. Незважаючи на те, що сейсмічна активність часто незначна, вона може призвести до пошкодження будівлі, травм і смерті. У 2006 році вчені звинуватили проект геотермальної розвідки в Базелі (Швейцарія) в тому, що він викликав серію землетрусів. Деякі з цих землетрусів були оцінені в 3,4 бала за шкалою Ріхтера. Подальші дослідження в 2011 році виявили сильну кореляцію між геотермальною розвідкою та сейсмічною активністю.

• **Дороге будівництво.** ГеоТЕС вимагають значних інвестицій. Хоча вони мають низькі експлуатаційні витрати, вартість їх будівництва може бути набагато вищою, ніж вугільних, нафтових і газових електростанцій. Значна частина цих витрат стосується розвідки і буріння геотермальних енергетичних ресурсів. Традиційні електростанції не потребують розвідки і/або буріння. Ще ГеоТЕС вимагають спеціально розроблених систем опалення та охолодження, а також іншого обладнання, здатного витримувати високі температури.

• **Можливе вичерпання.** Дослідження показують, що без ретельного управління геотермальні резервуари можуть вичерпатися. У таких випадках ГеоТЕС стануть непотрібними, поки резервуар не відновиться. Єдиний невичерпний варіант – це отримання геотермальної енергії прямо з магми, але дана технологія все ще перебуває в процесі розробки. Цей варіант вартий вкладень хоча б тому, що магма буде існувати мільярди років.

Потенціал геотермальної енергії

Очевидно, що геотермальна енергія має досить серйозний потенціал і буде відігравати важливу роль в майбутньому. В Європі використовують геотермальне тепло для різних потреб, але найбільше – для вироблення електроенергії, обігріву та охолодження будинків. Тільки 2017 року в

Європейському Союзу, зокрема у Франції, Італії та Нідерландах, введено в експлуатацію дев'ять станцій з новою потужністю в 75 МВт. Очікується, що до 2023 року глобальна потужність геотермальної енергії зросте до 17 ГВт, при цьому найбільше збільшення потужності буде в Індонезії, Кенії, Філіппінах і Туреччині

Деякі дослідники вважають, що геотермальна енергія зрештою буде складати близько 1/6 від світового енергопостачання, інші ж, навпаки, дають їй мінімальний шанс на подальше існування... Чи інвестувати в будівництво геотермальної електростанції – вибір за вами. У будь-якому разі це буде невід'ємна частина відновлюваної енергії, що живить світ, оскільки рано чи пізно корисні копалини/горючі корисні копалини зникнуть із поля зору.

8 Охорона праці

8.1 Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання

Асинхронні двигуни розташовуємо в приміщенні в місцях, в котрих зручно буде працювати з ними і до якої економічно доцільно буде провести електропостачання

Персонал котрий обслуговує електрообладнання має знати: основи електротехніки; знання про постійний і змінний струм у обсязі виконуваної роботи; принцип дії та будову обслуговуваних електродвигунів, генераторів, апаратури розподільних пристроїв, електромережі та електроприладів, масляних вимикачів, запобіжників, контакторів, акумуляторів, контролерів, ртутних кремнійових випрямлячів та іншої електроапаратури та електроприладів; конструкцію та призначення пускових і регулюючих пристроїв; прийоми і способи заміни зрощування та паяння проводу високої напруги; безпечні прийоми роботи, послідовність розбирання, ремонту і монтажу електроустаткування, позначення виводів обмоток електричних машин; припої і флюси; провідникові електроізоляційні матеріали та їх основні характеристики і класифікації; будову і призначення простого та середньої складності контрольно-вимірювального інструменту та пристроїв; способи замірювання електричних величин; прийоми виявлення та усунення несправностей у електромережах; правила прокладання кабелів у приміщеннях, під землею та підвісних тросах; Кваліфікаційні вимоги до персоналу: повна загальна середня освіта та професійно-технічна освіта без вимог до стажу роботи або повна загальна середня освіта та професійна підготовка на виробництві.

8.2 Організаційні та технічні заходи з охорони праці

Плакати та знаки переважно інформують про небезпеку, пов'язану із наближенням до устаткування, що перебуває під напругою, або можуть вказувати напрямок руху та місце розташування робочого місця. Залежно від мобільності та способу розміщення застосовують переносні або стаціонарні плакати безпеки. Постійні, переносні плакати і знаки безпеки повинні виготовлятися з електроізоляційних матеріалів (наприклад, склопластику, полістиролу, гетинаксу, текстоліту тощо). Плакати і знаки безпеки на бетонні та на металеві поверхні опор ПЛ, дверей камер та ін. рекомендується наносити фарбами за допомогою трафаретів, а також використовувати плакати і знаки безпеки на самоклеючій плівці. Допускається виготовляти постійні, переносні плакати і знаки безпеки з металу – тільки для установок, що віддалені від струмовідних частин.

Існують такі види знаків з електробезпеки: заборонні; попереджувальні (застережні плакати); настановчі; вказівні.

Заборонні плакати і знаки з електробезпеки спрямовані на попередження несанкціонованої роботи з апаратами комутації для того, щоб в процесі роботи електроустаткування на нього ніхто помилково не подав напругу. Основні види: «Робота під напругою. Повторно не вмикати» — цей знак використовується для заборони повторного ручного вмикання вимикачів ПЛ після автоматичного вимкнення їх без погодження з виконавцем робіт. Такий знак закріплюється на ключах керування вимикачів ПЛ, що ремонтуються, у разі виконання ремонтних робіт під напругою. Розміри — 80x50 мм, ширина червоної облямівки — 5 мм. Напис оформлюється червоними літерами на білому фоні.

«Небезпечне електричне поле! Без засобів захисту прохід заборонений» — знак, який інформує про небезпечну дію електричного поля в зоні розміщення устаткування, а також забороняє пересування людей за відсутності у них засобів індивідуального захисту. Встановлюється у ВРУ напругою 330 кВ і більше на

висоті 180 см від рівня планування на огороженнях діляниць, на яких рівень напруженості електричного поля понад 5 кВ/м, а саме: на маршрутах обходу ВРУ та поза маршрутами обходу ВРУ, але в місцях, де можливе перебування працівників, що виконують інші роботи (наприклад, під низько провислою ошиновкою обладнання або системи шин). Розміри— 240x130 мм. Ширина червоної облямівки — 13 мм. Напис оформлюється червоними літерами на білому фоні. «Не вмикати. Працюють люди» — переносний плакат, який використовується в електроустановках всіх класів напруг.

Вивішується на дротах роз'єднувачів, відокремлювачів і вимикачів навантаження, на ключах і кнопках дистанційного керування, на комутаційній апаратурі до 1000 В (автоматах, рубильниках, вимикачах), у разі помилкового вмикання яких може подаватись напруга на робоче місце. Розміри — 80x50 або 240x130 мм, ширина червоної облямівки становить 5 і 13 мм відповідно. Напис оформлюється червоними літерами на білому фоні. «Не вмикати. Робота на лінії» — пересувний знак, що забороняє подання напруги на лінію, де працюють люди. Вивішується на приводах, кнопках і ключах керування тих комутаційних апаратів, у разі помилкового вмикання яких може бути подана напруга на повітряну або кабельну лінію, де виконують роботу працівники. Розміри— 80x50 або 240x130 мм. Ширина червоного обводу 5 і 13 мм відповідно. Напис оформлюється білими літерами на червоному фоні. «Не відчиняти. Працюють люди». Плакат використовується для заборони подавання стисненого повітря, газу. Він вивішується на засувках повітропроводів до повітрозбірників і до пневматичних приводів вимикачів та роз'єднувачів, у разі помилкового відкривання яких може подаватись стиснене повітря на працівників або може бути приведено в дію вимикач або роз'єднувач, де виконують роботу працівники, а також на засувках водневих, вуглекислотних та інших трубопроводів, у разі помилкового відкривання яких може виникнути небезпека для працівників.

Попереджають працівників про наближення на небезпечну відстань до об'єктів під напругою та про ризик ураження електричним струмом. Основні види: «Стій! Напруга» — попереджає про небезпеку ураження електричним струмом.

У ЗРУ вивішуються на захисні тимчасові огороження струмовідних частин, що перебувають під робочою напругою (коли знято постійну огорожу); на тимчасових огороженнях, що встановлюються у проходах, куди не слід заходити; на постійних огороженнях камер, суміжних з робочим місцем У ВРУ плакат вивішується під час виконання робіт із землі, на канатах і шнурках, які обгороджують робоче місце; на конструкціях біля робочого місця на шляху до найближчих струмовідних частин, що перебувають під напругою. Розміри — 280x210 мм. Стріла — червона. Ширина червоної облямівки — 21 мм. Напис оформлюється чорними літерами на білому фоні. «Не вилазь! Уб'є» — попереджає про небезпеку піднімання по конструкціях, де можливе наближення до струмовідних частин, які перебувають під напругою. Розміри знаку — 280x210 мм. Стріла червоного кольору. Ширина червоного обводу — 21 мм. Напис оформлюється чорними літерами на білому фоні. «Випробування! Небезпечно для життя» — попереджає про можливе ураження електричним струмом при проведенні випробувань підвищеною напругою. Такі знаки є пересувними і вивішуються написом назовні на обладнанні, огороженнях струмовідних частин під час підготовки робочого місця для проведення випробування підвищеною напругою. Розміри — 280x210 мм. Стріла червоного кольору. Ширина червоної облямівки — 21 мм. Напис оформлюється чорними літерами на білому фоні. «Обережно! Електрична напруга» — попереджає про небезпеку ураження електричним струмом. Кріпиться на зворотному боці вхідних дверей, за винятком дверей КРУ і КТП, розміщених у цих пристроях; на зовнішніх дверях камер вимикачів і трансформаторів, огорожень струмовідних частин, розміщених у виробничих приміщеннях; на дверях щитів і збірок

напругою до 1000 В. Знак оформлюється у формі рівностороннього трикутника зі стороною 80, 100, 160, 360 мм — для дверей приміщень, 25, 40, 50 мм — для тари і устаткування. Стріла і облямівка — чорного кольору, фон — жовтий.

Настановчі плакати використовуються для визначення безпечних маршрутів працівників до їхніх робочих місць. Основні види: «Працювати тут» — указує місце безпосереднього виконання робіт. У ВРУ за наявності захисних огорожень робочого місця вивішують у місці проходу за огороження. Розміри— 100x100 або 250x250 мм. Оформлюється у формі білого кола діаметром відповідно 68 або 168 мм на зеленому фоні. Напис наносять чорними літерами. Біла облямівка може бути шириною 2 або 5 мм відповідно. «Вилазити тут» — застосовується при розташуванні робочого місця на висоті, указує безпечний шлях підйому на робоче місце. Розміри— 100x100 або 250x250 мм. Оформлюється у формі білого кола діаметром 68 або 168 мм на зеленому фоні. Напис роблять чорними літерами. Біла облямівка може бути шириною 2 або 5 мм відповідно.

8.3. Практичний розрахунок

Людина доторкнулась до фази трифазної трипровідної мережі з ізольованою нейтралю (частота 50 Гц) напругою 380 В. Накреслити схеми і визначити напругу дотику ($U_{\text{дот}}$) та силу струму, що проходить через людину ($I_{\text{л}}$) для двох режимів роботи електроустановки: нормальному та аварійному (людина доторкнулась до фазного провідника в момент, коли інший провідник був замкнений на землю через різні опори замикання на землю $R_{\text{зам}}$, Ом).

Покажіть, в яких випадках доторкання небезпечніше. В розрахунках прийняти опір тіла людини $R_{\text{л}}$, Ом; опір заземлення нейтралі $R_{\text{о}}$, Ом; опір ізоляції повідників $R_{\text{А}}= R_{\text{В}}= R_{\text{С}}= R_{\text{N}}= R$, Ом ; ємність провідників $C_{\text{А}}=C_{\text{В}}=C_{\text{С}}=C_{\text{N}}=C$; мкФ.

Вихідні дані для розрахунку: $R_{\text{л}}=1000$ Ом; $R_{\text{о}}=4$ кОм; $R=45$ кОм; $C=0,04$ мкФ; $R_{\text{зам}} = 140; 70; 4; 0,5$; Ом.

Для початку, розрахуємо напругу дотику для нормального режиму:

$$U_{\text{дот}} = U_{\text{ф}} * \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{о}}} = 220 * \frac{1000}{1000 + 4 * 10^3} = 44 \text{ В.}$$

Тоді, значення струму крізь людину при дотику до проводу фази:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{о}}} = \frac{220}{1000 + 4 * 10^3} = 0,044 \text{ А.}$$

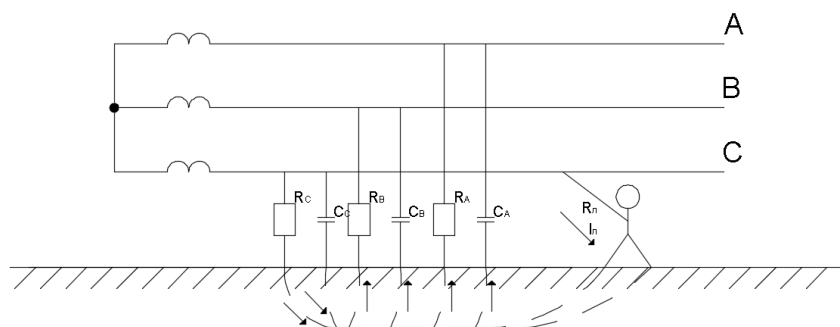


Рис. 8.1. Однофазний дотик в нормальному режимі.

Тепер, визначимо напругу дотику в аварійному режимі:

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)};$$

$$\begin{aligned} U_{\text{дот}} &= U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\ &= 220 * 1000 * \frac{140 + 4 * 10^3 * \sqrt{3}}{140 * 4 * 10^3 + 1000 * (140 + 4 * 10^3)} = 333,85 \text{ В}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{\text{дот}} &= U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\ &= 2220 * 1000 * \frac{70 + 4 * 10^3 * \sqrt{3}}{70 * 4 * 10^3 + 1000 * (70 + 4 * 10^3)} = 353,93 \text{ В}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{\text{дот}} &= U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\ &= 220 * 1000 * \frac{4 + 4 * 10^3 * \sqrt{3}}{4 * 4 * 10^3 + 1000 * (4 + 4 * 10^3)} = 379,4 \text{ В}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{\text{дот}} &= U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\
 &= 220 * 1000 * \frac{0,5 + 4 * 10^3 * \sqrt{3}}{0,5 * 4 * 10^3 + 1000 * (0,5 + 4 * 10^3)} = 380,84 \text{ В.}
 \end{aligned}$$

Значення струму в цьому ж режимі:

$$\begin{aligned}
 I_{\text{л}} &= U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\
 &= 220 * \frac{140 + 4 * 10^3 * \sqrt{3}}{140 * 4 * 10^3 + 1000 * (140 + 4 * 10^3)} = 0,331 \text{ А;}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{л}} &= U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\
 &= 220 * \frac{70 + 4 * 10^3 * \sqrt{3}}{70 * 4 * 10^3 + 1000 * (70 + 4 * 10^3)} = 0,354 \text{ А;}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{л}} &= U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{4 + 4 * 10^3 * \sqrt{3}}{4 * 4 * 10^3 + 1000 * (4 + 4 * 10^3)} \\
 &= 0,38 \text{ А;}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{л}} &= U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} \\
 &= 220 * \frac{0,5 + 4 * 10^3 * \sqrt{3}}{0,5 * 4 * 10^3 + 1000 * (0,5 + 4 * 10^3)} = 0,381 \text{ А.}
 \end{aligned}$$

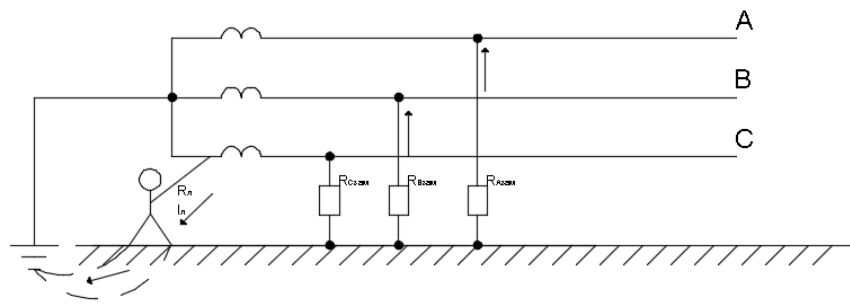


Рис. 8.2 Однофазний дотик людини при аварійному режимі.

Висновок: в нормальному режимі при дотику людини до проводу мережі, крізь неї протікає незначне значення струму, яке не несе ніякої шкоди. В аварійному ж режимі навпаки, бо в цьому випадку людина потрапляє під лінійну напругу, що в результаті збільшує і значення струму, який проходить крізь людину.

Л і т е р а т у р а

1. В. Є. Шестеренко, О. В. Шестеренко. Електропостачання промислових підприємств, Київ-2013.
2. Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. Электрическая часть станций и подстанций, Москва 1989.
3. О. М. Сірий, В. Є. Шестеренко. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств, Київ-2013.
4. В. Є. Шестеренко. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств, Вінниця-2004
5. О.М. Сірий, В.Є Шестеренко. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств. Київ. 1993.
6. О.М.Сірий Системи електроспоживання: розрахунки, вибір обладнання. Київ, 2011р.
7. Кривенков В.В., Новелла В.Н. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Учеб. пособие для вузов – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 328 с.
8. Беркович М.А. и ДР. Основы техники релейной защиты М.: Энеенргоатомиздат, 1985. – 480 с.
9. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). К. 2017., 736 с.
10. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. К. 2010.
11. Правила пожежної безпеки в Україні. К. 2015.
12. Справочная книга по светотехнике под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472 с., ил.